


VELUT
ARBOR
ÆVO



DEUXIÈME PARTIE

TABLE DES MATIÈRES

TABLES NUMÉRIQUES

AVERTISSEMENT DU TRADUCTEUR

De nouvelles fonctions, entraînant avec elles des devoirs impérieux, n'ont pas permis à M. Faye d'achever la traduction de ce volume: j'ai dû prendre sa place, quoiqu'il m'en coûtât de me charger d'un travail auquel mes études antérieures ne m'avaient pas suffisamment préparé. J'ai tâché, à force de soins, de suppléer à ce qui me manquait d'ailleurs. Une garantie plus rassurante pour l'Auteur et pour les lecteurs de ce livre est la révision attentive que M. Arago a bien voulu faire de toutes les épreuves.

C. G.

VII.

LES NÉBULEUSES. — NÉBULEUSES RÉDUCTIBLES ET NÉBULEUSES IRRÉDUCTIBLES. — NUÉES DE MAGELLAN. — TACHES NOIRES OU SACS DE CHARBON.

Outre les mondes visibles qui remplissent les espaces célestes, parmi les corps qui brillent de la lumière stellaire, et par là je comprends les corps qui ont une lumière propre et ceux qui empruntent leur lumière au Soleil, ceux qui sont isolés et ceux qui, diversement accouplés, tournent autour d'un centre de gravité commun; parmi ces corps, dis-je, il existe des masses qui jettent une lueur pâle et douce, semblable à une nébulosité (1). Quelques-unes font l'effet de petits nuages lumineux aux contours arrondis et tranchés, d'autres sans forme précise s'étendent sur de vastes espaces. Toutes, vues à travers le télescope, semblent au premier abord complètement différentes des corps célestes dont nous avons traité dans les quatre précédents chapitres. De même que l'on est porté à conclure du mouvement observé, mais non expliqué jusqu'à ce jour, des étoiles visibles à l'existence d'étoiles invisibles (2), de même les expériences récentes, qui ont constaté la possibilité de réduire un nombre considérable de nébuleuses, ont conduit à nier l'existence des nébuleuses et plus absolument de toute la matière cosmique répandue dans le monde.

Que d'ailleurs ces nébuleuses arrêtées dans leurs contours soient une matière diffuse et lumineuse par elle-même, ou qu'elles soient des amas sphériques d'étoiles pressées, elles n'en sont pas moins d'une grande importance pour la connaissance de la structure du monde, en ce qui concerne les espaces célestes.

Le nombre des nébuleuses dont le lieu a été déterminé en ascension droite et en déclinaison dépasse déjà 3600. Quelques-unes de celles qui n'ont point de forme précise ont une largeur égale à huit fois le diamètre de la Lune. D'après une estimation de William Herschel, remontant à l'année 1811, les nébuleuses couvrent au moins 1/270 de tout le firmament visible. Le regard qui les contemple à l'aide du télescope pénètre dans des régions d'où les rayons lumineux, d'après des calculs qui ne sont point dépourvus de vraisemblance, mettent des millions d'années à venir jusqu'à nous, et franchit des intervalles dont on pourrait à peine se faire une idée, en prenant pour unité les distances que nous fournit la couche d'étoiles la plus voisine du système solaire, c'est-à-dire les distances qui nous séparent de Sirius ou des étoiles doubles du Cygne et du Centaure. Si les nébuleuses sont des amas d'étoiles de forme elliptique ou globulaire, leur conglomération rappelle les effets mystérieux des forces de la gravitation ; si elles sont des masses de vapeur avec un ou plusieurs noyaux, les différents degrés de leur condensation prouveraient que la matière cosmique peut, par une concentration successive, arriver à former des étoiles. L'astronomie, j'entends celle qui est un objet de contemplation plutôt que de calcul, ne fournit pas un autre spectacle qui soit autant de nature à s'emparer de l'imagination ; et cela non pas seulement parce que les nébuleuses peuvent être prises pour un symbole de l'infini, mais parce que la recherche des différents états par lesquels ont passé ces corps célestes et le lien qu'il est permis de soupçonner entre leurs transformations successives, peut nous donner l'espérance de démêler à travers les phénomènes la loi de leur développement (5).

L'histoire des notions que nous possédons actuellement sur les nébuleuses nous apprend que sur ce point, comme en général pour tout ce qui touche à l'histoire des sciences naturelles, les mêmes opinions opposées qui comptent aujourd'hui de nombreux partisans ont été soutenues il y a beaucoup d'années, bien qu'avec des raisons moins concluantes. Depuis que le télescope est devenu d'un usage général, nous voyons Galilée, Dominique Cassini et un autre observateur pénétrant, John Michell, considérer toutes les nébuleuses comme des amas d'étoiles reculées dans l'espace, tandis que Halley, Derham, La Caille, Kant et Lambert affirmaient qu'elles étaient dépourvues d'étoiles. Képler était un adhérent zélé de la théorie d'après laquelle les étoiles seraient formées d'une nébulosité cosmique, c'est-à-dire d'une vapeur céleste qui s'agglomère et s'épaissit. C'était aussi l'opinion de Tycho Brahé, avant l'invention du télescope. Képler pensait, pour me servir de ses propres expressions : « Cœli materiam tenuissimam in unum globum condensatam stellam effingere ; » il entendait par cette matière ténue, la vapeur qui, dans la Voie lactée, brille d'un éclat semblable à la lumière adoucie des étoiles. Son opinion était fondée non pas sur la condensation que l'on remarque dans les nébuleuses de forme arrondie, puisqu'il ne connaissait point ces nébuleuses, mais sur les étoiles qui s'allument soudainement aux bords de la Voie lactée.

A proprement parler, c'est avec William Herschel que commence l'histoire des nébuleuses, aussi bien que celle des étoiles doubles, s'il est vrai que l'on doive surtout considérer le nombre des objets découverts, l'exactitude et la solidité des observations télescopiques, et la généralité des vues auxquelles elles ont servi de point de départ. Jusqu'à lui, et en tenant compte des louables efforts de Messier, on ne connaissait pas, dans les deux hémisphères, plus de 120 nébuleuses irréductibles, et, en 1786, le grand astronome de Slough publiait un premier catalogue qui en contenait 1000. J'ai déjà rappelé plus haut, d'une manière circonstanciée, que les masses désignées

sous le nom d'étoiles nébuleuses (νεφελοειδεῖς) par Hipparque et par Géminus, dans les *Catastérismes* du Pseudo-Eratosthène et dans l'*Almageste* de Ptolémée, sont des amas d'étoiles qui offrent, à l'œil nu, l'apparence d'une matière vaporeuse ([4]). Cette dénomination, traduite en latin par le mot *Nebulosæ,* passa, au milieu du xiii[e] siècle, dans les Tables Alphonsines, grâce vraisemblablement à l'influence prépondérante de l'astronome juif Isaac Aben Sid Hassan, président de la riche synagogue de Tolède. Ce fut cependant à Venise que furent imprimées les Tables Alphonsines, en 1483.

Ces singuliers agrégats de véritables nébuleuses, réunies en quantité innombrable et mêlées avec des essaims d'étoiles, se trouvent mentionnés pour la première fois chez un astronome arabe du milieu du x[e] siècle, chez Abdourrahman Soufi, natif de l'Irak persan. Le Bœuf blanc qu'il vit briller d'une lueur pâle et blanchâtre beaucoup au-dessous de Canopus, était sans doute la plus grande des deux nuées de Magellan qui, avec une étendue apparente égale environ à 12 fois le diamètre de la Lune, couvre en réalité dans le Ciel un espace de 42 degrés carrés, et que les voyageurs européens ne commencèrent à signaler que dans la première partie du xvi[e] siècle, bien que déjà, 200 ans auparavant, les Normands se fussent avancés sur les côtes occidentales de l'Afrique jusqu'à Sierra Leone, par 8° 1/2 de latitude septentrionale ([5]). Il semble qu'une masse nébuleuse d'une aussi grande étendue et clairement visible à l'œil nu eût dû attirer plus tôt l'attention ([6]).

La première nébuleuse isolée qui fut signalée, à l'aide du télescope, comme complètement dépourvue d'étoiles, et dans laquelle on reconnut un objet d'une nature particulière, fut la nébuleuse placée près de ν d'Andromède, et visible même à l'œil nu. Simon Marius, dont le vrai nom était Mayer, de Guntzenhausen en Franconie, qui, après avoir été musicien, fut attaché en qualité de mathématicien à la cour d'un margrave de Culmbach, le même qui vit, neuf jours avant Galilée, les satellites de Jupiter ([7]),

a aussi le mérite d'avoir décrit le premier et décrit très-exactement une nébuleuse. Dans la préface de son *Mundus Jovialis* ([8]), il raconte que, le 15 décembre 1612, il reconnut une étoile fixe d'un aspect tel, qu'il n'en avait jamais vu de semblable. Elle était située près de la 3e étoile, c'est-à-dire près de l'étoile boréale de la Ceinture d'Andromède. Vue à l'œil nu, elle avait l'apparence d'un simple nuage, et en s'aidant du télescope, Mayer avait trouvé que ce phénomène n'avait rien de stellaire, ce qui le distinguait des étoiles nébuleuses de l'Écrevisse et d'autres amas nébuleux. Tout ce que l'on pouvait reconnaître, c'était une apparence blanchâtre qui, plus brillante au centre, s'affaiblissait vers les bords. Cette masse occupait 1/4 de degré et ressemblait dans son ensemble à la lumière d'une chandelle vue de loin à travers une feuille de corne « similis fere splendor apparet, si a longinquo candela ardens per cornu pellucidum de noctu cernatur. » Simon Marius se demande si cette singulière étoile a pris naissance récemment, et il n'ose le décider; mais il s'étonne beaucoup que Tycho, qui a compté toutes les étoiles de la Ceinture d'Andromède, n'ait point fait mention de celle-là. Ainsi dans le *Mundus Jovialis,* publié pour la première fois en 1614, est établie, comme j'ai eu déjà l'occasion de le remarquer ailleurs ([9]), la différence entre les nébuleuses irréductibles aux télescopes dont on disposait à cette époque, et les amas stellaires, nommés par les Allemands *Sternhaufen*, par les Anglais *Clusters,* auxquels le rapprochement d'un nombre infini de petites étoiles invisibles à l'œil nu donne une apparence nébuleuse. Malgré le perfectionnement considérable des instruments d'optique, le nuage d'Andromède a été tenu pendant trois siècles et demi pour complètement vide d'étoiles, comme dans le temps où il fut découvert. Il n'y a pas plus de trois ans que de l'autre côté de l'océan Atlantique, à Cambridge, Georges Bond a reconnu 1500 petites étoiles « within the limits of the nebula. » Bien que le noyau de cette prétendue nébuleuse n'ait pu être réduit encore, je n'ai point hésité à la ranger parmi les amas stellaires ([10]).

Il ne faut attribuer qu'à un hasard surprenant ce fait, que Galilée qui dès avant l'année 1610, époque à laquelle parut le *Sidereus Nuncius*, s'était occupé plusieurs fois de la constellation d'Orion, plus tard dans son *Saggiatore*, lorsque depuis longtemps il pouvait connaître par le *Mundus Jovialis* la découverte d'une nébuleuse sans étoiles dans Andromède, ne signale dans tout le firmament d'autres nébulosités que celles qui peuvent se résoudre en amas stellaires, à l'aide des faibles instruments dont il se servait. Les objets qu'il nomme « nebulose del Orione e del Presepe » ne sont pour lui que des agglomérations (coacervazioni) de petites étoiles en quantité innombrable ([11]). Il représente successivement, sous les noms inexacts de Nebulosæ Capitis, Cinguli et Ensis Orionis, des amas stellaires dans lesquels il s'applaudit d'avoir trouvé, sur un espace de 1 ou 2 degrés, 400 étoiles qui n'avaient point été comptées jusque-là. Quant aux nébuleuses irréductibles il n'en est nulle part question. Comment la grande nébuleuse de l'Épée d'Orion a-t-elle échappé à son attention, ou s'il l'a remarquée, comment ne s'y est-il pas arrêté? Mais, selon toute vraisemblance, bien que cet observateur éminent n'ait jamais vu ni les contours irréguliers du nuage d'Orion, ni la forme arrondie des nébulosités réputées irréductibles, ses considérations générales sur la nature intérieure des nébuleuses ressemblaient beaucoup à celles vers lesquelles penche aujourd'hui la majeure partie des astronomes ([12]). Pas plus que Galilée, Hévélius qui, bien que s'obstinant à déterminer les positions des étoiles sans le secours du télescope, n'en fut pas moins un observateur très-distingué ([13]), ne fait mention dans ses écrits du grand nuage d'Orion. Son catalogue ne contient guère plus de 16 nébuleuses dont la position soit déterminée.

Enfin, en 1656, Huygens découvrit la nébuleuse de l'Épée d'Orion ([14]) qui devait acquérir une si grande importance par son étendue, par sa forme, par le nombre et la célébrité des astronomes qui l'observèrent dans la suite, et qui fournit à Picard l'occasion de s'en occuper active-

ment vingt ans après. En 1677, Edmond Halley, durant son séjour à Sainte-Hélène, détermina les premières nébuleuses qui aient été observées dans les régions de l'hémisphère austral, invisibles en Europe. L'amour que Jean Dominique Cassini portait à toutes les parties de l'astronomie contemplative l'engagea, vers la fin du XVIIe siècle, à étudier plus attentivement les nuages d'Andromède et d'Orion. Il pensait que, depuis les observations de Huygens, le dernier des nuages avait changé de forme, et croyait avoir reconnu dans celui d'Andromède des étoiles qu'il était impossible d'apercevoir avec des lunettes communes. Pour le changement de forme, il n'était sans doute qu'une illusion; mais il n'est plus permis, depuis les remarquables observations de Georges Bond, de nier d'une manière absolue l'existence d'étoiles dans la nébuleuse d'Andromède. Cassini, guidé par des considérations théoriques, avait déjà pressenti ce résultat, lorsque se mettant en opposition ouverte avec Halley et Derham, il déclarait que toutes les nébuleuses sont des essaims d'étoiles très-éloignées ([15]). Il convenait que la lueur douce et pâle que répand le nuage d'Andromède est analogue à la lumière zodiacale, mais il prétendait que cette lumière est formée par un nombre infini de petits corps *planétaires*, pressés les uns contre les autres ([16]). Le séjour que fit La Caille, de 1750 à 1752, dans l'hémisphère du sud, au cap de Bonne-Espérance, à l'île de France et à Bourbon, accrut dans une telle proportion le nombre des nébuleuses que, suivant la remarque de Struve, on connut mieux à cette époque les nébuleuses du Ciel austral que celles qui sont visibles en Europe. La Caille tenta aussi avec succès de classer les nébuleuses suivant leur forme apparente. Il fut encore le premier, mais en cela ses efforts furent moins heureux, qui essaya d'analyser la substance si hétérogène des deux nuées de Magellan (Nubecula major et minor). Si des autres nébuleuses isolées que La Caille observa, au nombre de 42, dans l'hémisphère austral, on en retranche 14 qui, même avec des télescopes d'un faible grossissement, ont été re-

connues pour être de véritables amas stellaires, il n'en reste plus que 28 non résolues, tandis que Sir John Herschel, muni d'instruments plus puissants et apportant d'ailleurs à ses observations plus d'expérience encore et d'habileté, est parvenu, sous la même zone, et sans y comprendre non plus les amas d'étoiles ou Clusters, à découvrir 1500 nébuleuses.

Dénués de connaissances suffisantes et d'observations personnelles, mais guidés par leur imagination à peu près dans les mêmes voies, sans qu'il y ait eu concert entre eux, Lambert à partir de l'année 1749 et Kant depuis 1755, raisonnèrent avec une merveilleuse pénétration sur les voies lactées distinctes, sur les nébuleuses et les groupes stellaires jetés comme des îles sporadiques au milieu des espaces célestes ([17]). Tous deux inclinaient vers la théorie de la matière diffuse (nebular Hypothesis) vers l'idée d'un travail de production incessant dans le monde sidéral et la transformation de la nébulosité cosmique en étoiles. De 1760 à 1769, l'ingénieux Le Gentil, longtemps avant de se mettre en route dans l'espérance, démentie malheureusement deux fois de suite, d'observer les passages de Vénus sur le Soleil, donna une impulsion nouvelle à l'étude des nébuleuses par ses observations sur les constellations d'Andromède, du Sagittaire et d'Orion. Il employa un objectif de Campani de 34 pieds de longueur focale; cet instrument est un de ceux qui existent à l'Observatoire de Paris. Complètement opposé aux idées de Halley et de La Caille, de Kant et de Lambert, l'ingénieux John Michell déclara, comme Galilée et Dominique Cassini, que toutes les nébuleuses sont des amas stellaires, des agrégats d'étoiles télescopiques très-petites ou très-éloignées, dont l'existence ne peut manquer d'être démontrée un jour à l'aide d'instruments plus parfaits ([18]). La connaissance des nébuleuses doit aux travaux opiniâtres de Messier un accroissement rapide, si on le compare aux lents progrès que nous avons retracés jusqu'ici. Son catalogue daté de 1771 contenait 66 nébuleuses nouvelles, en défalquant celles qui avaient été déjà decouvertes par

La Caille et par Méchain. Ainsi, à force de persévérance, il put dans un observatoire assez pauvrement monté, dans l'Observatoire de la marine établi à l'hôtel de Cluny, doubler le nombre des nébuleuses connues jusque-là dans les deux hémisphères ([19]).

Ces faibles commencements furent suivis de l'époque brillante, signalée par les découvertes de William Herschel et de son fils. W. Herschel le premier entreprit, dès l'année 1779, de passer méthodiquement en revue, à l'aide d'un réflecteur de 7 pieds, toutes les parties du ciel riches en nébuleuses. En 1787, son télescope gigantesque long de 40 pieds était terminé, et dans les trois catalogues qu'il publia successivement en 1786, 1789 et 1802, il constata la position de 2500 nébuleuses réductibles ou irréductibles ([20]). Jusqu'en 1785 et presque jusqu'en 1791, ce grand observateur parut disposé, comme l'avaient été Michell et Cassini, comme l'est aujourd'hui Lord Rosse, à voir dans les nébuleuses qu'il n'avait pu parvenir à résoudre des groupes d'étoiles très-éloignés. Mais à force de s'occuper de ce sujet, il fut ramené entre 1799 et 1802 aux idées de Halley et de La Caille, c'est-à-dire à la théorie de la matière diffuse, et admit même, avec Tycho et Képler, l'hypothèse de la formation des étoiles par la condensation successive de la nébulosité cosmique. Ces deux théories ne sont point cependant nécessairement liées l'une à l'autre ([21]). Les nébuleuses et les groupes d'étoiles qu'avait observés Sir William Herschel ont été soumis à un nouvel examen par son fils, de 1825 à 1833. Sir John a enrichi les anciennes Tables de 500 objets nouveaux, et a publié dans les *Philosophical Transactions* pour l'année 1833 (p. 365-481) un catalogue complet de nébuleuses et d'amas stellaires, au nombre de 2307. Ce grand travail comprend tout ce qui avait pu être découvert dans l'Europe centrale; et durant les 5 années qui suivent immédiatement, de 1834 à 1838, nous voyons Sir John établi au cap de Bonne-Espérance avec un réflecteur de 20 pieds, sonder toute la partie du ciel qu'il peut embrasser, et ajouter au catalogue de son père

un supplément de 1708 nébuleuses ([22]). Des 629 nébuleuses et amas stellaires observés par Dunlop à Paramatta, de 1825 à 1827, avec un réflecteur de 9 pieds dont le miroir avait 9 pouces de diamètre, un tiers seulement a passé dans le travail de Sir John Herschel ([23]).

Si l'on veut suivre l'histoire des découvertes dont ces corps mistérieux ont été l'objet, on peut dire qu'une troisième époque a commencé avec l'admirable télescope de 50 pieds construit sous la direction du Comte de Rosse, à Parsonstown ([24]). Toutes les hypothèses qui, dans l'état d'incertitude où flottèrent longtemps les opinions, avaient pu être mises en avant, à chacune des phases par lesquelles avait passé la science, furent agitées de nouveau et avec une grande vivacité, à propos de la lutte entre la théorie de la matière diffuse et celle de la résolution. D'après tout ce que j'ai pu recueillir de rapports, émanant d'astronomes familiarisés depuis longtemps avec les nébuleuses, il est constant que, dans un grand nombre d'objets, choisis au hasard et parmi toutes les classes, sur le catalogue de 1833, presque tous ont été complètement résolus ([25]). Le docteur Robinson, directeur de l'Observatoire d'Armagh, en a résolu à lui seul plus de 40. Sir John Herschel s'exprime à ce sujet de la même manière dans le discours prononcé à Cambridge, en 1845, à l'ouverture de la *British Association,* et dans ses *Outlines of astronomy*, publiés en 1849. « Le réflecteur de Lord Rosse, dit-il, a réduit un nombre considérable de nébuleuses qui avaient défié jusqu'ici la force pénétrante d'instruments plus faibles, ou a prouvé du moins qu'elles étaient réductibles. S'il y a encore des nébuleuses qui aient complètement résisté à ce puissant télescope dont l'ouverture n'a pas moins de 6 pieds anglais (1^{m}, 83), il est permis cependant de conclure par analogie qu'il n'existe en réalité aucune différence entre les nébuleuses et les amas d'étoiles ([26]). »

Le constructeur du puissant appareil de Parsonstown, Lord Rosse, tout en distinguant soigneusement le résultat d'observations positives de ce qui n'est encore qu'un motif

légitime d'espérance, s'exprime avec une grande confiance sur la nébuleuse d'Orion, dans une lettre adressée au professeur Nichol de Glasgow, en date du 19 mars 1846 ([27]). « D'après les observations auxquelles nous nous sommes livrés sur cette célèbre nébuleuse, je puis vous affirmer en toute sûreté que si la réductibilité demeure encore l'objet d'un doute, ce doute est bien faible. Nous n'avons pu, à cause de l'état de l'atmosphère, appliquer que la moitié du grossissement que le miroir comporte, et cependant nous avons reconnu que toute la partie du nuage qui avoisine le trapèze se compose d'une masse d'étoiles. L'autre partie du nuage est également riche en étoiles, et présente tous les caractères de la réductibilité. » Plus tard néanmoins, en 1848, Lord Rosse n'était point encore en mesure d'annoncer la résolution complète et effective de la nébuleuse d'Orion, et se bornait toujours à témoigner l'espérance prochaine du succès.

Si dans le débat qui s'est engagé tout récemment au sujet de la non-existence à travers les espaces célestes d'une matière nébuleuse, douée d'une lumière propre, on veut séparer ce qui est acquis à la science et ce qui n'est encore que la conséquence probable d'une induction, on peut sans beaucoup d'efforts se convaincre que, la force visuelle des télescopes allant toujours en croissant, le nombre des nébuleuses irréductibles diminue dans une proportion rapide, sans toutefois pouvoir jamais être épuisé par cette diminution. A mesure qu'augmente la puissance des télescopes, le dernier venu résout ce que n'avait pu résoudre celui qui l'avait précédé. Mais en même temps, il est vrai de dire, au moins jusqu'à un certain point, que ces télescopes pénétrant plus avant dans l'espace, remplacent les nébuleuses qu'ils ont réduites par d'autres qu'on n'avait pu atteindre jusque-là ([28]). Ainsi résolution des anciennes nébuleuses, et découverte de nébuleuses nouvelles, qui exigent à leur tour un nouvel accroissement de puissance optique, tel est le cercle dans lequel les choses se succèdent d'une manière indéfinie. Et pourrait-il en être autrement ? Il me semble qu'il faudrait

dans le cas contraire de deux choses l'une : ou représenter comme limité le monde rempli par les corps célestes, ou considérer les îles qui le parsèment, et dont l'une nous sert de séjour, comme tellement distantes les unes des autres qu'aucun des télescopes qui restent à découvrir ne puisse atteindre la rive opposée, et que nos dernières nébuleuses se résolvent en amas d'étoiles qui, comme celles de la voie lactée, se projettent sur un fond noir dégagé de toute nébulosité ([29]). Est-il vraisemblable que telle soit en effet la structure du monde, et peut-on compter que les instruments d'optique acquièrent jamais assez de puissance pour ne plus laisser à découvrir aucune nébuleuse dans l'immensité du firmament ?

L'hypothèse d'un fluide doué d'une lumière propre, qui se présente sous la forme de nébuleuses rondes ou ovales aux contours nettement dessinés, ne doit point être confondue avec la supposition non moins hypothétique d'un éther qui remplirait tout l'espace, et qui, sans être lumineux en lui-même, propagerait par ses ondulations la lumière, la chaleur rayonnante et l'électro-magnétisme ([30]). Les courants qui partent du noyau des comètes, et en forment les queues, remplissent souvent des espaces immenses, en coupant les orbites des planètes qui composent notre système solaire, et répandent à travers ces orbites leur matière inconnue ; mais cette matière, séparée du noyau qui la produit, cesse d'être perceptible pour nous. Déjà Newton admettait que des vapeurs émanées du Soleil, des étoiles fixes, et de la queue des comètes pouvaient se mêler avec l'atmosphère terrestre ([31]). Dans l'anneau aplati et nébuleux que l'on appelle la lumière zodiacale, aucun télescope n'a pu découvrir encore rien qui ressemble à des étoiles. On n'a pas non plus décidé jusqu'à ce jour si les particules dont cet anneau se compose reflètent la lumière du Soleil, ou si elles sont lumineuses par elles-mêmes, comme cela arrive quelquefois dans les brouillards terrestres ([32]). Dominique Cassini pensait que la lumière zodiacale est formée d'un nombre infini de petits corps plané-

taires (33). C'est une sorte de besoin pour l'homme de chercher dans toutes les matières fluides des parties moléculaires distinctes, comme les petites bulles vides ou pleines dont paraissent formés les nuages (34). En suivant la progression décroissante qui dans notre système solaire représente la densité des planètes, depuis Mercure jusqu'à Saturne et à Neptune, et qui, si l'on prend pour unité la densité de la Terre, descend de 1, 12 à 0, 14, on est conduit aux comètes qui laissent apercevoir une étoile d'un faible éclat à travers leurs couches extérieures; et de là même on est amené, par une pente insensible, à ces parties distinctes encore et cependant si peu denses, qu'il est presque impossible, quelles qu'en soient les dimensions, d'en déterminer les limites. Ce sont précisément ces considérations sur l'apparence nébuleuse de la lumière zodiacale qui, longtemps avant la découverte des petites planètes télescopiques comprises entre Mars et Jupiter, et avant les conjectures sur les astéroïdes météoriques, avaient inspiré à Cassini la pensée qu'il y a des corps célestes de toutes les dimensions et de toutes les densités. Nous touchons ici, pour ainsi dire sans le vouloir, à l'antique débat soulevé par la philosophie naturaliste sur l'existence d'un fluide primitif et de molécules distinctes. C'est là un problème qui serait beaucoup plutôt du ressort des sciences mathématiques; aussi nous empressons-nous de retourner au côté purement objectif des phénomènes.

Sur 3926 positions déterminées, 2451 qui sont indiquées dans les trois catalogues publiés par Sir William Herschel, de 1786 à 1802, et dans le grand tableau que son fils a fait insérer aux *Philosophical Transactions* pour l'année 1833, appartiennent à la partie de firmament visible à Slough, que pour abréger nous nommerons l'hémisphère septentrional; les autres, au nombre de 1475, appartiennent à la partie de l'hémisphère méridional visible au cap de Bonne-Espérance, et sont consignés dans les catalogues dressés en Afrique par Sir John Herschel. Dans ces nombres, les nébuleuses et les amas stellaires

sont mêlés indistinctement. Quelle que soit l'analogie qui existe entre ces objets, j'ai cru cependant devoir les distinguer, afin de mieux préciser l'état de nos connaissances actuelles. Je trouve dans le catalogue de l'hémisphère boréal 2299 nébuleuses et 152 amas stellaires; dans le catalogue du Cap, 1239 nébuleuses et 236 amas stellaires (35). Ainsi, d'après ces catalogues, la somme des nébuleuses non résolues encore en étoiles est de 3538, nombre qui peut être porté à 4000, si l'on fait entrer en ligne de compte 300 à 400 nébuleuses vues par William Herschel, et dont la position n'a pas été déterminée de nouveau (36), ainsi que celles qui, observées à Sumatra par Dunlop avec un réflecteur Newtonien de 9 pouces, n'ont point trouvé place dans le catalogue de Sir John Herschel, et qui sont au nombre de 423 (37). Tout récemment, Bond et Mædler ont fait connaître un résultat semblable. On en peut conclure que dans l'état actuel de la science, le nombre des nébuleuses est à celui des étoiles doubles à peu près comme 2 est à 3. Mais il ne faut pas oublier que sous cette dénomination d'étoiles doubles ne sont pas compris les couples purement optiques, et que jusqu'à ce jour les étoiles doubles dans lesquelles on a remarqué un changement de position relative sont au nombre total comme 1 est à 9, ou tout au plus peut-être comme 1 est à 8 (38).

Les nombres indiqués plus haut, à savoir : 2299 nébuleuses et 152 amas stellaires dans le catalogue du Nord, 1239 nébuleuses et 236 amas stellaires dans le catalogue du Sud, prouvent qu'il y a dans l'hémisphère austral un plus grand nombre d'amas stellaires sur un moins grand nombre de nébuleuses. Si l'on admet que toutes les nébuleuses soient de nature également réductible, c'est-à-dire qu'elles ne soient autre chose que des amas stellaires plus reculés dans l'espace, ou des groupes formés de corps célestes plus petits, moins pressés et doués d'une lumière propre, cette opposition apparente dont Sir John Herschel a dû d'autant plus signaler l'importance qu'il s'était servi, dans les deux hémisphères, de réflecteurs également puissants, cette oppo-

sition, dis-je, prouve du moins une différence frappante dans la nature des nébuleuses et dans leur distribution à travers les espaces célestes, c'est-à-dire dans les directions suivant lesquelles les nébuleuses des deux hémisphères se présentent aux habitants du globe terrestre ([39]).

C'est encore à Sir John Herschel, que l'on doit les premières notions exactes et les premiers aperçus généraux sur la distribution des nébuleuses et des amas stellaires dans toute l'étendue de la voûte céleste. Afin de bien examiner leur situation, leur abondance relative dans les différents lieux, la probabilité ou la non-probabilité de leur succession en certains groupes ou suivant des lignes déterminées, il inscrivit entre trois et quatre mille objets sur une sorte de canevas graphique, dans des réseaux dont les côtés mesurent 3° de déclinaison et 15′ d'ascension droite. La plus grande accumulation de nébuleuses se trouve dans l'hémisphère boréal. Elles sont répandues à travers le grand et le petit Lion ; le corps, la queue et les pieds de derrière de la grande Ourse ; le nez de la Giraffe ; la queue du Dragon ; les deux Chiens de chasse ; la chevelure de Bérénice, près de laquelle est situé le pôle boréal de la Voie lactée ; le pied droit du Bouvier, et surtout à travers la tête, les ailes et les épaules de la Vierge. Cette zone, que l'on a nommée la région nébuleuse de la Vierge, renferme, ainsi que nous l'avons remarqué déjà, dans un espace qui représente la huitième partie de la sphère céleste, un tiers de la somme totale des nébuleuses ([40]). Elle dépasse de peu l'équateur ; seulement elle s'étend à partir de l'aile méridionale de la Vierge jusqu'à l'extrémité de l'Hydre et à la tête du Centaure, dont elle n'atteint pas les pieds, non plus que la Croix du Sud. Le ciel boréal contient encore une agglomération de nébuleuses qui, bien que moins considérable, s'étend plus avant que la précédente dans l'hémisphère austral ; elle est appelée par Sir John Herschel la région nébuleuse des Poissons, et forme une zone qui, partant d'Andromède, qu'elle remplit presque en entier, se dirige vers le poitrail et les ailes de Pé-

gase, vers la bande qui unit les deux Poissons, vers le pôle austral de la Voie lactée et Fomalhaut. Ces régions si pleines forment un contraste frappant avec les espaces complètement vides de nébuleuses, et pour ainsi dire déserts, qui comprennent, d'une part, Persée, le Bélier, le Taureau, la tête et la partie inférieure du corps d'Orion, de l'autre, Hercule, l'Aigle, et toute la constellation de la Lyre ([41]). Si, en se guidant sur le tableau général des nébuleuses et des amas stellaires de l'hémisphère méridional, c'est-à-dire de la partie du ciel visible à Slough, que Sir John Herschel a dressé d'après les heures d'ascension droite, on divise le tout en six groupes de quatre heures chacun, voici le résultat qu'on obtient :

Asc. droite	0h	à	4h	311
	4	à	8	179
	8	à	12	606
	12	à	16	850
	16	à	20	121
	20	à	0	239

Si l'on veut faire une division plus exacte, fondée sur la déclinaison septentrionale et méridionale, on trouve que dans les six heures d'ascension droite, de 9h, à 15h, l'hémisphère boréal contient seul 1111 nébuleuses ou amas d'étoiles, répartis comme il suit ([42]):

De	9h	à	10h	90
	10	à	11	150
	11	à	12	251
	12	à	13	309
	13	à	14	181
	14	à	15	130

Ainsi le véritable maximum, pour l'hémisphère boréal, est entre 12h et 13h, c'est-à-dire très-voisin du pôle nord de la Voie lactée. Plus loin, entre 15h et 16h, en face d'Hercule, la décroissance est si brusque, que de 130 on tombe immédiatement à 40.

Dans l'hémisphère austral, le nombre des nébuleuses est moins considérable et la répartition est beaucoup plus uniforme. Des espaces où l'on ne découvre point de traces de ces phénomènes y alternent souvent avec des nuages sporadiques. Il faut excepter une agglomération locale, plus pressée encore que ne l'est, dans le ciel boréal, la région nébuleuse de la Vierge; je veux parler des nuées de Magellan, dont la plus grande contient à elle seule 300 nébuleuses. La région qui avoisine les pôles est, dans les deux hémisphères, vide de nébuleuses, et, jusqu'à la distance ed 15°, le pôle sud en est plus dépourvu encore que le pôle nord, dans la proportion de 7 à 4. Il existe près du pôle nord actuel une petite nébuleuse qui n'en est distante que de 5'. Une nébuleuse semblable, inscrite dans le catalogue du Cap de Sir John Herschel sous le numéro 3176, et nommée par lui avec raison Nebula polarissima australis (asc. droite 9h 28 36", dist. au pôle Nord 179° 34' 14") est encore à 25' du pôle sud. Cette solitude du pôle austral, l'absence même d'une étoile polaire visible à l'œil nu, était déjà pour Amerigo Vespucci et Vicente Yanez Pinzon le sujet de plaintes amères, lorsque vers la fin du xve siècle, ils pénétrèrent fort au delà de l'équateur, jusqu'au promontoire Saint Augustin, et que Vespucci supposa faussement que ce beau passage du Dante « Io mi volsi a man destra e posi mente..., » et cet autre sur les quatre étoiles « non viste mai fuor ch'alla prima gente, » se rapportaient aux étoiles polaires antarctiques ([43]).

Nous avons considéré jusqu'ici dans les nébuleuses leur nombre et leur distribution sur ce que l'on appelle le firmament; distribution purement apparente, qui ne doit point être confondue avec leur répartition réelle à travers les espaces célestes. Cet examen achevé, nous passons aux différences singulières que présentent leurs formes individuelles. Tantôt ces formes sont régulières, et dans ce cas elles sont sphériques, elliptiques à différents degrés, annulaires, planétaires ou semblables à la photosphère qui enveloppe une étoile; tantôt elles sont irrégulières et non moins dif-

ficiles à classer que celles des nuages aqueux qui errent dans notre atmosphère. La forme normale des nébuleuses est la forme elliptique qu'on peut appeler sphéroïdale ([44]). A parité de grossissement, plus les nébuleuses se rapprochent de la forme sphérique, plus elles sont facilement résolubles en étoiles. Lorsqu'au contraire elles sont très-comprimées dans un sens et allongées dans l'autre, la résolution est d'autant plus difficile ([45]). Souvent on a l'occasion de reconnaître que la forme ronde des nébuleuses se change graduellement en une ellipse allongée ([46]). La condensation de la nébulosité laiteuse s'opère toujours autour d'un point central; quelquefois même il y a plusieurs centres ou noyaux. On ne connaît de nébuleuses doubles que parmi les nébuleuses rondes ou ovales. Comme on ne peut percevoir aucun changement relatif de position entre les individus qui forment ces couples, attendu que ce changement ou n'existe pas ou est extraordinairement lent, il s'ensuit que l'on n'a pas de critérium à l'aide duquel on puisse constater la réalité de cette relation réciproque, comme on distingue les étoiles doubles physiquement de celles qui ne le sont qu'optiquement. Il existe des représentations d'étoiles doubles dans les *Philosophical Transactions* pour l'année 1833 (fig. 68-71). On peut consulter aussi à ce sujet les ouvrages d'Herschel, *Outlines of astronomy* (§ 878), et *Observations at the Cape of Good Hope* (§ 120).

Les nébuleuses perforées sont une des curiosités les plus rares. D'après lord Rosse, on en connait actuellement 7 dans l'hémisphère boréal. La plus célèbre de ces nébuleuses annulaires, qui porte le n° 57 sur le catalogue de Messier, le n° 3023 sur celui de Sir John Herschel, est située entre β et γ de la Lyre; elle a été découverte en 1779, à Toulouse, par Darquier, au moment où la comète signalée par Bode s'approcha de la région qu'elle occupe. Elle a environ la grandeur apparente du disque de Jupiter, et forme une ellipse dont les deux diamètres sont dans le rapport de 4 à 5. L'intérieur de l'anneau, est non point noir, mais faiblement éclairé. Déjà Sir William Herschel avait distin-

gué quelques étoiles dans l'anneau; Lord Rosse et Bond l'ont résolu entièrement ([47]). La partie vide de l'anneau est au contraire d'un noir très-foncé dans les belles nébuleuses perforées de l'hémisphère austral, qui portent les numéros 3680 et 3686. De plus, la dernière présente non pas la forme d'une ellipse, mais celle d'un cercle parfait ([48]). Toutes sont vraisemblablement des amas d'étoiles en forme d'anneau. A mesure qu'augmente la puissance des instruments, les contours des nébuleuses elliptiques, aussi bien que des nébuleuses annulaires, paraissent en général moins nettement terminés. Dans le télescope gigantesque de Lord Rosse, l'anneau de la nébuleuse de la Lyre présente une ellipse simple, avec des appendices nébuleux qui ressemblent à des fils et suivent des directions très-divergentes. Un fait particulièrement remarquable, c'est la transformation d'une nébuleuse qui, vue à travers des instruments plus faibles, était simplement elliptique, et qui s'est changée, grâce au télescope de Lord Rosse, en une nébuleuse à forme d'écrevisse (Crab-Nebula).

Les nébuleuses planétaires, découvertes pour la première fois par Herschel le père, et qui doivent être rangées parmi les plus merveilleux d'entre les phénomènes célestes, sont moins rares que les nébuleuses perforées. Cependant, d'après Sir John Herschel, il n'en existe pas plus de 25, dont les 3/4 appartiennent à l'émisphère austral. Elles offrent une ressemblance surprenante avec les disques des planètes. Elles sont pour la plupart rondes ou un peu ovales. Tantôt les contours sont nettement accusés, tantôt ils sont fondus dans un brouillard vaporeux. Les disques de plusieurs d'entre elles ont un éclat doux parfaitement uniforme; d'autres sont comme mouchetées ou nuancées de marbrures légères (mottled or of a peculiar texture, as if cardled); jamais on ne remarque aucune augmentation d'intensité vers les centres. Lord Rosse a constaté que cinq de ces nébuleuses planétaires sont des nébuleuses perforées avec une ou deux étoiles au milieu. La plus grande nébuleuse planétaire découverte par Méchain, en 1781, est située près de β de la

Grande-Ourse. Son disque a un diamètre de 2' 40" ([49]). La nébuleuse planétaire de la Croix-du-Sud, qui porte dans le *Voyage au Cap* de Sir John Herschel, le numéro 3365, a l'éclat d'une étoile de 6e ou de 7e grandeur, bien que son diamètre soit à peine de 12". Sa lumière est couleur d'indigo, couleur qui se retrouve quoiqu'avec une moindre intensité dans trois autres objets de la même forme ([50]). Cette apparence de quelques nébuleuses planétaires ne prouve pas qu'elles ne soient pas composées de petites étoiles; car non-seulement nous connaissons des systèmes binaires dont l'étoile principale et le compagnon sont bleus; mais encore il existe des amas stellaires composés uniquement d'étoiles bleues, ou dans lesquels ces étoiles sont mêlées à des étoiles rouges et jaunes ([51]).

La question de savoir si les nébuleuses planétaires sont des étoiles nébuleuses très-éloignées, pour lesquelles la différence d'éclat entre l'étoile centrale et l'atmosphère environnante ne pourrait être perçue par les instruments dont nous disposons, a été tranchée déjà dans le premier volume de cet ouvrage ([52]). Puisse le télescope gigantesque de Lord Rosse nous fournir les moyens d'approfondir la nature surprenante de ces nébulosités planétaires. S'il est déjà si difficile de se faire une idée nette des conditions dynamiques d'après lesquelles, dans un amas d'étoiles de forme sphérique ou sphéroïdale, les soleils tournant en cercle et pressés les uns contre les autres de telle façon, que les plus rapprochés du centre sont aussi les plus denses spécifiquement, peuvent former un système en équilibre ([53]), la difficulté augmente encore pour ces nébuleuses planétaires de forme circulaire et nettement délimitée, dont toutes les parties offrent une clarté uniforme, sans aucune augmentation d'intensité vers le centre. Un tel état de choses est plus difficile à concilier avec la forme globulaire, qui suppose l'agglomération de plusieurs milliers de petites étoiles, qu'avec l'hypothèse d'une photosphère gazeuse que l'on croit couverte, dans notre Soleil, d'une couche de vapeur peu épaisse, non transparente ou du moins très-faiblement éclai-

rée. Il est impossible d'admettre que, dans les nébuleuses planétaires, la clarté ne paraisse ainsi uniformément répandue que parce que la différence entre le centre et les bords s'évanouirait en raison de l'éloignement?

Les étoiles nébuleuses de William Herschel (Nebulous Stars) forment la quatrième et dernière classe de nébuleuses à forme régulière. Ce sont de véritables étoiles entourées d'une nébulosité laiteuse qui très-vraisemblablement se rattache au Soleil central et en dépend. Cette nébulosité qui, suivant Lord Rosse et M. Stoney, offre exactement, en certains cas, l'apparence d'un anneau, a-t-elle une lumière propre et forme-t-elle une photosphère comme dans notre soleil, ou, ce qui est beaucoup moins vraisemblable, emprunte-t-elle sa lumière au Soleil central? Il existe sur ces questions des opinions très-différentes. Derham et jusqu'à un certain point aussi La Caille, qui a découvert beaucoup de nébuleuses au cap de Bonne-Espérance, croyaient que les étoiles sont à une grande distance des nébuleuses et se projettent sur elles. Mairan paraît avoir le premier exprimé cette opinion que les étoiles nébuleuses sont entourées d'une atmosphère brillante qui leur appartient en propre ([54]). On trouve même de plus grandes étoiles et, par exemple, des étoiles de 7e grandeur, comme le numéro 675 du Catalogue de 1833, dont la photosphère a un diamètre de 2 à 3 minutes ([55]).

Les grandes masses nébuleuses de forme irrégulière doivent être mises tout à fait à part des nébuleuses décrites jusqu'ici, qui toutes ont des figures régulières ou du moins des contours plus ou moins nettement indiqués. Ces masses présentent les formes les plus variées et les moins symétriques; leurs contours sont indéterminés et confus. Ce sont des phénomènes mystérieux que l'on peut appeler *sui generis*, et qui plus que tous les autres ont donné naissance à l'hypothèse d'après laquelle les espaces célestes seraient remplis d'une matière cosmique, brillante par elle-même et semblable au substratum de la lumière zodiacale. Ces nébuleuses informes, qui couvrent dans la voûte du Ciel

des espaces de plusieurs degrés carrés, forment un contraste frappant avec une nébuleuse de forme ovale, la plus petite de toutes les nébuleuses isolées, qui a l'éclat d'une étoile télescopique de 14e grandeur, et se trouve entre les constellations de l'Autel et du Paon ([56]). On ne peut trouver deux nébuleuses irrégulières qui se ressemblent ([57]). Cependant Sir John Herschel, après des observations de plusieurs années, leur reconnaît ce caractère commun que toutes sont situées sur les bords ou à très-peu de distance de la voie lactée, et peuvent en être considérées comme des émanations ou comme des fragments détachés. Au contraire, les petites nébuleuses qui ont une forme régulière et des contours généralement arrêtés, sont ou répandues sur toute la surface du Ciel, ou rassemblées très-loin de la Voie lactée dans des régions particulières, comme, par exemple, dans l'hémisphère austral, près de la Vierge et des Poissons. A la vérité il n'y a pas moins de 15° de distance entre la grande nébuleuse irrégulière de l'Épée d'Orion et les bords visibles de la Voie lactée; mais peut-être cette masse diffuse appartient-elle au prolongement de la branche de la Voie lactée qui, partant de α et de ε de Persée, va se perdre vers de Aldébaran et vers les Hyades, et dont il a déjà été question plus haut. Les plus belles étoiles de la constellation d'Orion, celles qui lui ont valu sa vieille célébrité, font partie de la zone qui comprend les étoiles les plus grandes et probablement aussi les plus voisines de nous, et dont un arc de grand cercle, passant par ε d'Orion et α de la Croix, dans l'hémisphère austral, peut indiquer le prolongement ([58]).

L'opinion beaucoup plus ancienne et très-répandue, d'après laquelle une voie lactée de nébuleuses couperait presque à angle droit la voie lactée des étoiles ([59]), n'a nullement été confirmée par des observations nouvelles et plus exactes sur la répartition des nébuleuses régulières à travers le firmament ([60]). Il y a sans doute, comme je l'ai remarqué déjà, des agglomérations de nébuleuses vers le pôle nord de la voie lactée; il en existe aussi un grand

nombre vers le pôle Sud, près des Poissons ; mais de nombreuses interruptions ne permettent point de dire qu'une zone de nébuleuses formant un grand cercle de la sphère relie ensemble ces deux pôles. En 1784, William Herschel avait exposé cette conjecture à la fin de son premier Traité sur la Structure du Ciel ; mais il avait eu soin de la présenter comme douteuse, et avec la réserve qui convenait à un si grand observateur.

Parmi les nébuleuses irrégulières, les unes, telles que celles de l'Épée d'Orion, de η d'Argo, du Sagittaire et du Cygne, sont remarquables par leurs dimensions extraordinaires ; d'autres, celles, par exemple, qui portent les numéros 27 et 51 dans le catalogue de Messier, le sont par la bizarrerie de leur forme.

En ce qui concerne la grande nébuleuse de l'Épée d'Orion, j'ai déjà fait observer que Galilée, qui s'est si longtemps occupé des étoiles comprises entre le Baudrier et l'Épée, et qui a même dressé une carte de cette région, ne la mentionne pas ([61]). La nébuleuse qu'il appelle Nebulosa Orionis et qu'il a représentée avec la Nebulosa Præsepe, est, suivant sa déclaration expresse, un amas de petites étoiles pressées (stellarum constipatarum), située dans la Tête d'Orion. Sur le dessin qu'il a donné dans son *Sidereus nuncius* (§ 20) et qui embrasse l'espace compris entre le Baudrier et le commencement de l'Épaule droite (α d'Orion), je reconnais, au-dessus de l'étoile ι, l'étoile multiple θ. La force amplifiante des instruments employés par Galilée variait de 8 fois à 30 fois. Comme la nébuleuse de l'Épée d'Orion n'est point isolée, et que vue à travers des télescopes insuffisants ou par une atmosphère trop peu transparente, elle forme une espèce d'auréole autour de l'étoile θ, il n'est point étonnant que sa forme et son existence individuelle aient échappé au grand observateur florentin : il croyait peu d'ailleurs aux nébuleuses ([62]). Ce fut 24 ans après la mort de Galilée, en 1656, que Huygens découvrit la nébuleuse d'Orion. Il en donna une image grossière dans son *Systema Saturnium*, publié en 1659 : « Lorsque j'ob-

servais, dit ce grand homme, à travers un réfracteur de 23 pieds de longueur focale, les bandes variables de Jupiter, la tache sombre qui avoisine l'équateur de Mars et quelques autres détails peu visibles particuliers à cette planète, je remarquai dans les étoiles fixes un phénomène qui, à ma connaissance, n'avait encore été signalé par personne, et ne pouvait être reconnu exactement qu'à l'aide des grands télescopes dont je me sers. Les astronomes ont compté dans l'Épée d'Orion trois étoiles très-voisines l'une de l'autre. Lorsque, en 1656, j'observai par hasard celle de ces étoiles qui occupe le centre du groupe, au lieu d'une j'en découvris 12, résultat que d'ailleurs il n'est point rare d'obtenir avec les télescopes De ces étoiles il y en avait 3 qui, comme les premières, se touchaient presque, et 4 autres semblaient briller à travers un nuage, de telle façon que l'espace qui les environnait paraissait beaucoup plus lumineux que le reste du Ciel, qui était serein et entièrement noir. On eût cru volontiers qu'il y avait une ouverture dans le Ciel qui donnait jour sur une région plus brillante. Depuis et jusqu'à ce jour, j'ai revu le même phénomène sans aucun changement; de sorte que ce prodige, quel qu'il soit, paraît être fixé là pour toujours. Jamais je n'ai rien vu de semblable dans les autres étoiles fixes. » Ainsi, Huygens ne connaissait pas non plus la nébuleuse d'Andromède, découverte 54 ans auparavant par Simon Marius, ou n'y avait pris que peu d'intérêt. « Les prétendues nébuleuses, ajoute encore Huygens, et la voie lactée elle-même, vues à travers le télescope, ne montrent aucune trace de nébulosité et ne sont pas autre chose que des amas d'étoiles pressées (63). » Cette première description si vive prouve la force et la fraîcheur de l'impression qu'avait reçue Huygens. Mais quelle différence entre la représentation graphique qu'il donna de ce phénomène, au milieu du XVII siècle, ou les figures déjà un peu moins imparfaites, il est vrai, de Picard, de le Gentil et de Messier, et les admirables dessins publiés, en 1837, par Sir John Herschel et, en 1848, par William Cranch Bond, directeur de l'Observatoire de Cambridge, aux États-Unis (64).

Sir John Herschel eut ce précieux avantage, que, muni d'un réflecteur de 20 pieds, il observa depuis l'année 1834 la nébuleuse d'Orion, au cap de Bonne-Espérance, à une altitude de 60′ (65) et put corriger encore le dessin qu'il avait fait de 1824 à 1826 (66). En même temps il détermina, près de θ d'Orion, la position de 150 étoiles, comprises pour la plupart entre la 13e et la 18e grandeur. Le célèbre trapèze qui n'est entouré d'aucune nébulosité est formé par 4 étoiles de 4e, de 6e, de 7e et de 8e grandeur. La 4e étoile avait été découverte à Bologne par Dominique Cassini, en 1666, suivant l'opinion commune (67); la 5e (γ') le fut en 1826 par Struve; la 6e (α'), de 13e grandeur, en 1832 par Sir John Herschel. Le directeur de l'Observatoire du *Collegio romano*, de Vico, a déclaré avoir reconnu, à l'aide de son grand réfracteur de Cauchoix, 3 autres étoiles dans l'intérieur même du trapèze, au commencement de 1839. Ces étoiles n'ont été vues ni par Herschel fils ni par William Bond. La partie nébuleuse la plus voisine du trapèze qui n'offre par lui-même presque aucune trace de nébulosité, la Regio Huygeniana formant la partie antérieure de la tête, au-dessus de la gueule, est tachetée, de texture granulaire, et a été résolue en amas stellaire par le télescope de Lord Rosse, aussi bien que par le grand réfracteur de Cambridge, aux États-Unis (68). Parmi les observateurs modernes, Lamont à Munich, Cooper et Lassell en Angleterre, ont aussi déterminé dans cette nébuleuse la position de beaucoup de petites étoiles. Lamont a employé à cet usage un pouvoir grossissant de 1200 fois. William Herschel croyait avoir acquis la certitude, en comparant entre elles les observations qu'il avait faites de 1783 à 1811, toujours avec les mêmes instruments, que l'éclat et les contours de la grande nébuleuse d'Orion étaient sujets à des changements (69). Bouillaud et Le Gentil avaient exprimé la même opinion touchant la nébuleuse d'Andromède. Les expériences approfondies de Sir John Herschel ont rendu au moins extrêmement douteux ces changements cosmiques que l'on tenait pour certains.

Grande nébuleuse de η d'Argo. — Elle est située dans cette région de la Voie lactée si remarquable par son magnifique éclat, qui, partant des pieds du Centaure, traverse la Croix du Sud, et s'étend jusqu'au milieu du Navire. L'éclat de cette région céleste est tellement extraordinaire qu'un observateur exact, naturalisé dans les contrées tropicales de l'Inde, le capitaine Jacob, fait la remarque, d'ailleurs parfaitement d'accord avec les résultats auxquels je suis arrivé moi-même après une expérience de quatre années, que sans lever les yeux vers le ciel, on est averti par un accroissement subit de la lumière que la Croix se lève à l'horizon, et avec elle la zone qui l'accompagne ([70]). La nébuleuse au milieu de laquelle se trouve η d'Argo, rendue si célèbre par les changements d'intensité de sa lumière, couvre sur la voûte céleste plus de 4/7 d'un degré carré ([71]). Partagée en plusieurs masses irrégulières et jetant une lumière inégale, la nébuleuse ne présente jamais cette apparence tachetée et granulaire qui pourrait la faire croire réductible. Elle enferme un espace vide, de forme ovale, sur lequel est répandue une lueur très-faible. Sir John Herschel, après deux mois passés à prendre des mesures, a donné, dans son *Voyage au Cap*, un beau dessin du phénomène entier ([72]). Il a déterminé dans la nébuleuse de η d'Argo jusqu'à 1216 positions d'étoiles, comprises pour la plupart entre la 14e et la 16e grandeur. Ces étoiles forment une série qui, dépassant de beaucoup la nébulosité, va rejoindre la Voie lactée, dans laquelle elles se projettent et se détachent sur le fond absolument noir du Ciel. Elles n'ont par conséquent aucune relation avec la nébuleuse elle-même et en sont vraisemblablement fort éloignées. Toute la partie avoisinante de la Voie lactée est d'ailleurs tellement riche, non pas en amas stellaires mais en étoiles, qu'entre 9h 50′ et 11h 34′ d'ascension droite, on a trouvé, en jaugeant le Ciel, à l'aide du télescope (Star-gauges), une moyenne de 3138 étoiles par chaque degré carré. Ce nombre, pour 11h 34′ d'ascension droite, s'élève jusqu'à 5093. Cela fait plus d'étoiles, pour un seul degré,

que l'on n'en peut apercevoir à l'œil nu, dans l'horizon de Paris ou dans celui d'Alexandrie ([73]).

Nébuleuse du Sagittaire. — Cette nébuleuse, d'une étendue considérable, semble formée de quatre masses distinctes (asc. droite 17h 53′, dist. au pôle. Nord 114° 21′). L'une de ces masses se divise à son tour en trois parties. Toutes sont interrompues par des places dépourvues de nébulosité. L'ensemble de la nébuleuse avait été vu déjà, mais d'une manière imparfaite, par Messier ([74]).

Nébuleuse du Cygne. — Elle est composée de plusieurs masses irrégulières dont l'une forme une bande fort étroite, traversant l'étoile double κ du Cygne. Mason a reconnu le premier la connexion qu'établit entre ces masses inégales leur singulière texture, assez semblable à des cellules ([75]).

Nébuleuse du Renard. — Elle a été vue imparfaitement par Messier, qui l'a fait entrer dans son catalogue sous le numéro 27. Elle fut découverte par occasion, pendant que l'on observait la comète de Bode, de 1779. La détermination exacte de la position (asc. droite 19h 52′, dist. au pôle Nord 67° 45′) et le premier dessin qui en ait été fait sont dus à Sir John Herschel. Cette nébuleuse de forme régulière reçut d'abord le nom de *Dumb-bell* qui lui fut donné à cause de l'aspect qu'elle présentait, vue à travers un réflecteur de 18 pouces d'ouverture. On appelle *Dumb-bell*, en Angleterre, des masses de fer plombées et revêtues de cuir, dont on se sert pour donner aux muscles plus de force et d'élasticité. Un réflecteur de 3 pieds de Lord Rosse a fait évanouir cette apparence ([76]). La nébuleuse du Renard a été résolue par le même instrument en un grand nombre d'étoiles; mais ces étoiles sont toujours restées mêlées de matière nébuleuse. On peut voir une reproduction récente et très-curieuse de la nébuleuse du Renard dans les *Philosophical Transactions* pour l'année 1850 (pl. XXXVIII, fig. 17).

Nébuleuse en spirale du Chien de chasse septentrional. — Cette nébuleuse, signalée par Messier le 13 octobre 1773, à l'occasion de la comète qu'il avait découverte, est située

dans l'oreille gauche d'Astérion, très-près de η (Benetnasch) qui fait partie de la queue de la Grande-Ourse. Elle porte le nº 51 dans la liste de Messier, le nº 1622 dans le grand catalogue des *Philosophical Transactions* (1833, p. 496, fig. 25). Elle est un des phénomènes les plus remarquables que présente le firmament, en raison de sa configuration singulière, et de la métamorphose que lui a fait subir le télescope de 6 pieds anglais de Lord Rosse. Dans le réflecteur de 18 pouces de Sir John Herschel cette nébuleuse paraissait de forme sphérique et entourée à distance d'un anneau isolé, de manière à représenter notre amas lenticulaire d'étoiles et l'anneau formé par la Voie lactée (77). Le grand télescope de Parsonstown a changé tout cela en une espèce de limaçon, en une spirale brillante, aux replis inégaux et dont les deux extrémités, c'est-à-dire le centre et la partie extérieure, sont terminées par des nœuds épais, granulaires et arrondis. Le docteur Nichol a publié un dessin de cette nébuleuse, qui a été présenté par Lord Rosse au congrès scientifique de Cambridge, en 1845 (78); mais le portrait le plus exact est celui qu'en a donné M. Johnstone Stoney dans les *Philosophical Transactions* pour l'année 1850 (1re part., pl. XXXV, fig. 1). Le nº 99 de Messier présente aussi l'image d'une spirale, avec cette différence qu'il n'a qu'un seul nœud au centre. La même forme se retrouve encore dans d'autres nébuleuses de l'hémisphère boréal.

Il me reste à traiter plus en détail que je ne l'ai pu faire en traçant le Tableau de la Nature (79), d'un objet unique dans le monde des phénomènes célestes, et qui ajoute encore au charme pittoresque de l'hémisphère austral, je dirais presque à la grâce du paysage. Les deux Nuages de Magellan, qui vraisemblablement reçurent d'abord de pilotes portugais, puis des Hollandais et des Danois le nom de Nuages du Cap (80), captivent l'attention du voyageur, ainsi que je l'ai éprouvé moi-même, par leur éclat, par l'isolement qui les fait ressortir davantage et par l'orbite qu'ils décrivent de concert autour du pôle Sud, bien qu'à

des distances inégales. Que leur nom actuel, qui a évidemment pour origine le voyage de Magellan, ne soit pas le premier sous lequel on les ait désignés, c'est ce qui résulte de la mention expresse et de la description qu'ont faite de la translation circulaire de ces nuages lumineux, le Florentin Andrea Corsali, dans son Voyage à Cochin, et le secrétaire de Ferdinand d'Aragon, Pierre Martyr de Anghiera, dans son livre *de Rebus Oceanicis et Orbe Novo* (dec. I, lib. IX, p. 96) ([81]). Ces deux indications sont de l'année 1515, et ce n'est que dix ans plus tard que le compagnon de Magellan, Pigafetta, parle des *nebbiette* dans son Journal de voyage, au moment où le vaisseau *Victoria* sortait du détroit de Patagonie pour entrer dans la mer du Sud. L'ancien nom de Nuages du Cap ne peut venir de la constellation du Mont de la Table, qui est voisine de ces nuages et plus rapprochée encore du pôle, puisque la dénomination de Mont de la Table fut introduite pour la première fois par La Caille. Il viendrait plutôt de la véritable montagne de la Table et du petit nuage qui en domine le faîte, et fut longtemps regardé avec effroi par les matelots comme une annonce de tempête. Nous verrons bientôt que les deux Nuées de Magellan, longtemps remarquées dans l'hémisphère du Sud avant de recevoir un nom, en reçurent successivement plusieurs, empruntés aux routes qu'avait adoptées le commerce, à mesure que la navigation s'étendit, et qu'il régna sur ces routes une plus grande activité.

Le mouvement de la navigation sur la mer de l'Inde, qui baigne les côtes occidentales de l'Afrique, familiarisa de très-bonne heure les marins avec les constellations voisines du pôle Antarctique, particulièrement à partir du règne des Lagides, et depuis que l'on eut appris à se régler sur les moussons. Dès le milieu du xe siècle, on trouve chez les Arabes, ainsi que je l'ai remarqué plus haut, un nom servant à désigner la plus grande des Nuées magellaniques, dont Ideler a démontré l'identité avec le Bœuf blanc (el-Bakar) du célèbre derviche Abdourrhaman Soufi,

de Raï, ville de l'Irak persan. Dans l'introduction du livre intitulé « Connaissance du Ciel étoilé, » Abdourrahman s'exprime en ces termes: « Aux pieds du Suhel, il existe une tache blanche que l'on n'aperçoit dans l'Irak, c'est-à-dire dans la contrée de Bagdad, ni dans le Nedschs (Nedjed), la partie la plus septentrionale et la plus montagneuse de l'Arabie, mais qui est visible dans le Tehama méridional, entre la Mecque et la pointe de l'Yemen, le long des côtes de la mer Rouge ([82]). » Il est question expressément dans ce passage du *Suhel* de Ptolémée, c'est-à-dire de Canopus, bien que les astronomes arabes nomment également *Suhel* plusieurs grandes étoiles du Navire [el-Sefina]. La position du Bœuf blanc relativement à Canopus est indiquée ici aussi exactement qu'on pouvait le faire à l'œil nu, car l'ascension droite de Canopus est de $6^h\ 20'$, et celle du bord oriental de la grande nuée magellanique $6^h\ 0'$. La visibilité de la Nubecula major dans les latitudes septentrionales n'a pu être sensiblement modifiée, depuis le xe siècle, par la précession des équinoxes, puisque dans les neuf siècles qui ont suivi elle a atteint le maximum de sa distance au pôle Nord. Si l'on admet la nouvelle détermination de lieu de la grande Nuée de Magellan par Sir John Herschel, il en faut conclure qu'au temps d'Abdourrhaman Soufi elle était visible en totalité jusqu'à 17° de latitude Nord; elle l'est aujourd'hui jusqu'à environ 18°. Les Nuages du Sud pouvaient être vus par conséquent dans toute la partie sud-ouest de l'Arabie et dans l'Hadhramaut, le pays de l'encens, de même que dans l'Yemen, où florissait la civilisation de Saba et qui reçut l'antique immigration des Yoctanides. La formation de plusieurs établissements arabes sur les côtes orientales de l'Afrique, dans les régions intertropicales au nord et au sud de l'équateur, dut servir aussi à répandre des notions plus exactes sur les constellations du ciel austral.

Les premiers pilotes civilisés qui visitèrent les côtes occidentales de l'Afrique, au delà de la ligne, furent des Européens, particulièrement des Catalans et des Portugais.

Des documents incontestables tels que le planisphère de Marino Sanuto Torsello (1306), l'ouvrage génois connu sous le nom de *Portulano mediceo* (1351), le *Planisferio de la Palatina* (1417) et le *Mappamondo* di fra Mauro Camaldolese (de 1457 à 1459) prouvent que 178 ans avant la prétendue découverte du Cabo Tormentoso ou cap de Bonne-Espérance, faite par Bartholomé Diaz au mois de mai 1487, l'on connaissait déjà la configuration triangulaire de l'extrémité méridionale du continent africain ([83]). Si l'on songe à l'importance nouvelle et toujours croissante que prit cette route commerciale par suite de l'expédition de Gama et au but commun de tous les voyages accomplis le long des côtes de l'Afrique, il paraît naturel que les pilotes aient donné le nom de *Nuages du Cap* aux deux nébulosités qui, dans chaque voyage au Cap, les frappaient comme de remarquables phénomènes.

Les efforts persévérants tentés pour dépasser l'équateur le long des côtes orientales de l'Amérique, et pénétrer jusqu'à la pointe méridionale du continent, depuis l'expédition de Alonso de Hojeda et de Amerigo Vespucci en 1499, jusqu'à celle de Magellan et de Sebastien del Cano en 1521, et à celle de Garcia de Loaysa et de Francisco de Hoces en 1525 ([84]), avaient attiré sans interruption l'attention des navigateurs sur les constellations du Sud. D'après les Journaux de voyages que nous possédons et qui sont confirmés par les témoignages historiques d'Anghiera, cela fut vrai surtout pour le voyage d'Amerigo Vespucci et de Vicente Yanez Pinzon, qui amena la découverte du cap Saint-Augustin, par 8° 20' de latitude australe. Vespucci se vante d'avoir vu 3 Canopi dont un obscur, Canopo fosco, et 2 Canopi risplendenti. L'ingénieux auteur des ouvrages sur les Noms des Étoiles et sur la Cronologie, Ideler, s'est efforcé d'éclaircir la description très-confuse faite par Amerigo Vespucci dans sa Lettre à Lorenzo Pierfrancesco de Medici; il en résulte que Vespucci a employé le mot *Canopus* dans un sens aussi indéterminé que les astronomes arabes avaient coutume d'employer le mot *Suhel*. Ideler démontre que le

Canopo fosco nella via lattea n'est pas autre chose que la tache noire ou le grand *sac de Charbon* de la Croix du Sud, et que la position assignée par Vespucci à 3 étoiles resplendissantes, dans lesquelles on croit reconnaître α, β et γ de la petite Hydre, rend très-vraisemblable cette opinion que le Canopo risplendente di notabile grandezza est la Nubecula major, et l'autre Canopo risplendente, la Nubecula minor ([85]). Il y a toujours lieu de s'étonner que Vespucci n'ait point comparé ces nouveaux phénomènes célestes à des nuages, comme le firent à première vue tous les autres observateurs. On serait tenté de croire que cette comparaison dut s'offrir irrésistiblement à l'esprit. Pierre Martyr Anghiera, qui connaissait personnellement tous les grands navigateurs de cette époque, et dont les lettres sont écrites sous l'impression toute vivante encore de leurs récits, retrace, de manière à ce qu'on ne puisse s'y méprendre, l'éclat doux, mais inégal, des Nubeculæ: « Assecuti sunt Portugalenses alterius poli gradum quinquagesimum amplius, ubi punctum (Polum?) circumeuntes *quasdam nubeculas* licet intueri veluti in lactea via sparsos fulgores per universi cœli globum intra ejus spatii latitudinem ([86]). » Le renom brillant et la durée de la circumnavigation de Magellan qui, commencée au mois d'août 1519, ne fut achevée qu'au mois de septembre 1522, le long séjour fait par un nombreux équipage sous le ciel austral, obscurcit le souvenir de toutes les observations antérieures, et le nom de Nuées de Magellan se répandit chez toutes les nations maritimes qui peuplent les côtes de la mer Méditerranée.

J'ai montré par un seul exemple comment l'élargissement de l'horizon géographique vers les contrées du sud avait ouvert un nouveau champ à l'astronomie d'observation. Quatre objets surtout durent exciter sous ce nouveau ciel la curiosité des pilotes: la recherche d'une étoile polaire australe; la forme de la Croix du Sud, qui occupe une position perpendiculaire, lorsqu'elle passe par le méridien du lieu où est placé l'observateur; les Sacs de charbon et les nuages lumineux qui circulent autour du pôle. Nous lisons

dans l'*Arte de navegar* de Pedro de Medina (lib. V, cap. 11), qui, publié pour la première fois l'an 1545, a été traduit en plusieurs langues, que dès le milieu du xvie siècle, on faisait servir à la détermination de la latitude les hauteurs méridiennes du *Cruzero*. Après s'être contenté d'observer ces phénomènes, on se mit vite en devoir de les mesurer. Le premier calcul sur la position des étoiles voisines du pôle antarctique fut fait à l'aide de distances angulaires, prises à partir d'étoiles connues, dont la place avait été déterminée par Tycho, dans les Tables Rudolphines. Ce premier travail appartient, comme je l'ai remarqué déjà ([87]), à Petrus Theodori de Emden et au Hollandais Frédéric Houtman, qui, vers l'an 1594, naviguait sur la mer de l'Inde. Les résultats de leurs mesures trouvèrent place bientôt dans les catalogues d'étoiles et dans les globes célestes de Blaeuw (1601), de Bayer (1603) et de Paul Mérula (1605). Tels sont, jusqu'à Halley (1677) et jusqu'aux grands travaux astronomiques des jésuites Jean de Fontaney, Michaud et Noël, les faibles débuts qui servirent de fondements à la topographie du Ciel austral. Ainsi l'histoire de l'astronomie et l'histoire de la géographie, unies entre elles par des liens étroits, nous retracent conjointement les époques mémorables qui, depuis 250 ans à peine, ont préparé ce résultat, de pouvoir reproduire d'une manière exacte et complète l'image cosmique du firmament, aussi bien que les contours des continents terrestres.

Les Nuées de Magellan, dont la plus grande couvre 42 degrés, la plus petite 10 degrés carrés de la voûte céleste, produisent à l'œil nu et au premier abord la même impression que produiraient deux portions détachées et d'égale grandeur de la Voie lactée. Par un beau clair de Lune le petit nuage disparaît entièrement, l'autre perd seulement une partie considérable de son éclat. Le dessin qu'a donné de ces nuages sir John Herschel est excellent et s'accorde à merveille avec les souvenirs les plus vivants que j'aie gardés de mon séjour au Pérou. C'est aux laborieuses observations faites en 1837 par cet obser-

vateur au cap de Bonne-Espérance que l'astronomie doit la première analyse exacte de ce singulier aggrégat des éléments les plus divers ([88]). Sir John Herschel y a reconnu un grand nombre d'étoiles isolées, des essaims d'étoiles et des amas stellaires de forme sphérique, ainsi que des nébuleuses régulières ou irrégulières, et plus pressées qu'elles ne le sont dans la zone de la Vierge et dans la chevelure de Bérénice. La multiplicité de ces éléments ne permet pas de considérer les Nubeculæ, ainsi qu'on l'a fait trop souvent, comme des nébuleuses d'une dimension extraordinaire, non plus que comme des parties détachées de la Voie lactée. Les amas globulaires et surtout les nébuleuses ovales sont très-clair-semées dans la Voie lactée, à l'exception d'une petite zone comprise entre l'Autel et la queue du Scorpion ([89]).

Les Nuées de Magellan ne se rattachent ni entre elles ni avec la Voie lactée par aucune nébulosité perceptible. A part le voisinage de l'amas stellaire du Toucan ([90]), la plus petite est située dans une espèce de désert. L'espace occupé par l'autre est moins complètement vide d'étoiles. La structure et la configuration intérieure de la Nubecula major sont compliquées de telle façon que l'on y trouve, comme dans le n° 2878 du catalogue d'Herschel, des masses reproduisant exactement l'état d'aggrégation et la forme de la nuée entière. La conjecture du savant Horner que les Nuées de Magellan auraient fait autrefois partie de la Voie lactée, où même, disait-il, on peut reconnaître encore la place qu'elles occupaient, est une rêverie, aussi bien que cette autre hypothèse d'après laquelle ces nuées auraient, depuis le temps de La Caille, changé de position et fait un mouvement en avant. Leur position avait été d'abord fixée d'une manière inexacte, à cause du peu de netteté de leurs contours vus à travers des télescopes de petite ouverture. Sir John Herschel fait remarquer que, sur tous les globes célestes et sur toutes les cartes sidérales, la Nubecula minor n'est point à sa place, et que l'erreur est de près d'une heure d'asc. droite. D'après lui la Nubecula

minor est située entre les méridiens de 0^h 28′ et 1^h 15′ et entre 162° et 165° de distance au pôle Nord; la Nubecula major entre 4^h 40′ et 6^h 0′ d'asc. droite, entre 156° et 162° de distance au pôle Nord. Dans la première il n'a pas déterminé en ascension droite et en déclinaison moins de 919 objets distincts, étoiles, nébuleuses et amas stellaires. Il en a déterminé 244 dans la seconde. Ces objets doivent être répartis comme il suit :

Nubec. maj.	582 étoiles,	291 nébuleuses,	46 amas stellaires.
Nubec. min.	200 —	37 —	7 —

L'infériorité numérique des nébuleuses dans le petit nuage est frappante. Elles sont, relativement aux nébuleuses du grand nuage, dans le rapport de 1 à 8, tandis que les étoiles isolées sont comme 1 est à 3. Ces étoiles, cataloguées au nombre de près de 800, sont pour la plupart de 7ᵉ et de 8ᵉ grandeur; quelques-unes sont de 9ᵉ et même de 10ᵉ. Au milieu du grand nuage, existe une nébuleuse signalée déjà par La Caille (n° 30 de la Dorade, Bode; n° 2941 de Sir John Herschel), et qui n'a point d'égale sur toute la surface du ciel. Cette nébuleuse occupe à peine 1/500 de l'aire du nuage, et déjà Sir John Herschel a déterminé dans cet espace la position de 105 étoiles de 14ᵉ, de 15ᵉ et de 16ᵉ grandeur, projetées sur un fond nébuleux dont rien n'altère l'éclat uniforme, et qui a résisté jusqu'ici aux plus puissants télescopes ([91]).

Près des Nuées de Magellan, mais à une plus grande distance du pôle Sud, sont situées les taches noires qui de bonne heure, vers la fin du xvᵉ siècle et au commencement du xviᵉ, attirèrent l'attention des pilotes portugais et espagnols. Elles sont vraisemblablement comprises, comme on l'a dit déjà, parmi les trois *Canopi* dont parle Vespucci, dans la Relation de son troisième voyage. Je trouve la première indication de ces taches dans l'ouvrage d'Anghiera, *de Rebus oceanicis* (Dec. 1, lib. 9, p. 20, ḃ. ed. 1533): « Interrogati a me nautæ qui Vincentium Agnem Pinzonum fuerant comitati (1499) an antarcticum viderint po-

lum : stellam se nullam huic arcticæ similem, quæ discerni circa punctum (polum?) possit, cognovisse inquiunt. Stellarum tamen aliam aiunt se prospexisse faciem densamque quamdam ab horizonte vaporosam caliginem, quæ oculos fere obtenebraret. » Le mot Stella est pris ici dans le sens général de phénomène céleste, et d'ailleurs il est possible que les matelots interrogés par Anghiera ne se soient pas exprimés bien nettement sur cette obscurité (caligo) qui semblait frapper d'aveuglement. Le Père Joseph Acosta de Medina del Campo a signalé en termes plus satisfaisants les taches noires et la cause de ce phénomène, dans son *Historia natural de las Indias* (lib. 1, cap. 2); il les compare, sous le rapport de la forme et de la couleur, à la partie obscure du disque de la lune. « De même, dit-il, que la Voie lactée est plus brillante, parce qu'elle est composée d'une matière céleste plus dense, d'où, pour cette raison, rayonne plus de lumière, de même les taches noires que l'on ne peut apercevoir en Europe sont complétement dépourvues de lumière, parce qu'elles forment dans le ciel une région vide, c'est-à-dire composée d'une matière très-subtile et très-transparente. » Un célèbre astronome a cru reconnaître dans cette description les taches solaires (92); cela n'est pas assurément moins étrange que de voir, en 1689, le missionnaire Richaud prendre les *manchas negras* d'Acosta pour les nuées lumineuses de Magellan (93).

Richaud d'ailleurs, comme les premiers pilotes qui ont fait mention de ces objets, parle des *Sacs à charbon* (coalbags) au pluriel. Il en cite deux, le plus grand dans la Croix, et un autre dans Robur Caroli, que certains observateurs ont divisé en deux taches distinctes. Feuillée, dans les premières années du XVIIIe siècle, et Horner, en 1804, dans une lettre adressée du Brésil à Olbers, ont représenté ces deux taches du Robur Caroli comme offrant une forme indécise et des contours mal arrêtés (94). Je n'ai pu, durant mon séjour au Pérou, arriver à fixer mes doutes sur les Sacs à charbon du Robur Caroli, et comme j'étais tenté d'attribuer ce manque de succès au peu de hauteur de la

constellation, je voulus m'éclairer auprès de Sir John Herschel, et du directeur de l'Observatoire de Hambourg, M. Rumker, qui avaient été sous des latitudes beaucoup plus méridionales que moi. En dépit de leurs efforts, ils n'ont pas mieux réussi à déterminer la forme des contours ni l'intensité lumineuse de ces deux taches. Ils n'ont pu approcher, sous ce rapport, des résultats obtenus pour les Sacs à charbon de la Croix. Sir John estime qu'il n'y a pas lieu de distinguer plusieurs Sacs à charbon, à moins que l'on ne veuille désigner ainsi toutes les places obscures du ciel qui ne sont point délimitées, telles que celles qui se trouvent entre α du Centaure d'une part, β et γ du Triangle de l'autre ([95]), entre η et ξ d'Argo, et surtout dans l'hémisphère boréal, à l'endroit où la Voie lactée laisse un espace vide entre ε, α et γ du Cygne ([96]).

La tache noire de la Croix du Sud, la plus frappante et celle qui fut connue la première, est située à l'est de la constellation; elle présente la forme d'une poire et occupe 8° en longueur et 5° en largeur. Dans ce vaste espace se trouve une seule étoile visible à l'œil nu, entre la 6e et la 7e grandeur, et une quantité considérable d'étoiles télescopiques de 11e, 12e et 13e grandeur. Un petit groupe de 40 étoiles est situé à peu près au milieu ([97]). On a supposé que l'absence des étoiles et le contraste formé par l'éclat du ciel environnant sont les causes qui font paraître cet espace si sombre, et cette explication a généralement prévalu depuis La Caille ([98]). Elle est surtout confirmée par les jaugeages d'étoiles (gauges and sweeps) que l'on a pratiqués autour de la région dans laquelle la Voie lactée semble couverte d'un nuage noir. Dans le *coal-bag*, ces opérations sans donner un vide complet, ce que l'on appelle *blank fields*, n'ont pas donné plus de 7 à 9 étoiles télescopiques, tandis qu'avec des lunettes de même champ on en découvrait 120 et jusqu'à 200 sur les bords. Tant que je demeurai dans l'hémisphère austral, sous l'impression de cette voûte étoilée qui s'était si vivement emparée de moi, l'effet de contraste ne me parut pas rendre suffisamment

raison de ce phénomène; sans doute je me trompais. Les considérations de William Herschel sur les espaces complètement vides d'étoiles dans le Scorpion et dans Ophiuchus, qu'il appelle des ouvertures dans les cieux (openings in the Heavens), m'avaient conduit à penser que, dans ces régions, les couches d'étoiles superposées peuvent être moins épaisses ou tout à fait interrompues; que les dernières échappent à nos instruments optiques, et que ces régions vides sont de véritables trous par lesquels nos regards plongent dans les espaces les plus reculés de l'univers. J'ai déjà fait mention ailleurs de ces ouvertures (99), de ces brèches des couches sidérales, et les effets de perspective qu'elles nous découvrent sont devenus tout récemment l'objet de sérieuses considérations (100).

Les couches d'astres les plus lointaines, la distance des nébuleuses, tous les objets que nous avons résumés dans ce chapitre irritent la curiosité de l'homme et remplissent son esprit d'images du temps ou de l'espace qui excèdent sa faculté de concevoir. Si merveilleux que soient les perfectionnements apportés aux instruments d'optique depuis environ 60 ans, on est devenu en même temps assez familier avec les difficultés que présente leur construction pour apprécier plus justement les progrès qui restent à accomplir, et ne point se laisser aller aux espérances fantastiques dont l'ingénieux Hooke était sérieusement préoccupé de 1663 à 1665 (1). Ici comme toujours, la circonspection et la mesure conduisent plus sûrement au but. Chacune des générations humaines qui se sont succédé a droit de s'applaudir des grandes et nobles conquêtes auxquelles elle s'est élevée par la libre force de son intelligence, et dont témoignent les progrès des arts. Sans exprimer en nombres précis la puissance avec laquelle les télescopes pénètrent déjà dans l'espace, sans même attacher une grande confiance à ces chiffres, la vérité est que nous devons aux instruments d'optique de connaître la vitesse de la lumière, et de savoir que celle qui de la surface des astres les plus reculés vient frapper nos regards, est le plus ancien témoignage sensible de l'existence de la matière (2).

SYSTÈME SOLAIRE

LES PLANÈTES ET LEURS SATELLITES. LES COMÈTES. LA LUMIÈRE ZODIACALE ET LES ASTÉROÏDES MÉTÉORIQUES

Quitter, dans la partie céleste de cette description de l'univers, le firmament et les étoiles fixes, pour redescendre au système dont le soleil est le centre, c'est passer de l'universel au particulier, d'un objet immense à un objet petit relativement. Le domaine du Soleil est celui d'une seule étoile fixe, parmi les millions d'étoiles fixes que le télescope nous découvre dans le firmament; c'est l'étendue limitée dans laquelle des mondes très-différents entre eux obéissent à l'attraction directe d'un corps central, et soit qu'ils poursuivent seuls leur marche solitaire, ou qu'ils soient entourés eux-mêmes de corps de la même nature, décrivent autour de ce point central des orbites d'inégale grandeur. En essayant de disposer en ordre, dans la partie sidérale de cette Uranologie, les principales classes d'étoiles, j'ai eu l'occasion de signaler, parmi les innombrables étoiles télescopiques, la classe des étoiles doubles, qui forme elle-même des systèmes isolés, binaires ou diversement composés; mais malgré l'analogie des forces qui les diri-

gent, ces systèmes diffèrent essentiellement de notre système solaire. On y voit des étoiles douées d'un éclat propre se mouvoir autour d'un centre de gravité commun, qui n'est point occupé par la matière visible : dans notre système, au contraire, des astres obscurs circulent autour d'un corps lumineux, ou pour parler plus exactement, autour d'un centre de gravité commun, placé tantôt à l'intérieur, tantôt en dehors du corps central. « La grande ellipse que la terre décrit autour du Soleil se reflète, pour ainsi dire, dans une autre petite courbe toute semblable, sur laquelle se meut le centre du Soleil, tournant autour du centre de gravité commun du Soleil et de la Terre. » Quant à savoir si les astres planétaires, parmi lesquels on doit compter les comètes intérieures et extérieures, ne sont point capables, dans quelque partie du moins de leur surface, de produire, outre la lumière que leur envoie le corps central, une lumière qui leur soit propre, c'est une question qui ne saurait encore trouver place au milieu de ces considérations générales.

On n'a pu établir jusqu'ici par des preuves directes l'existence de corps planétaires obscurs, gravitant autour d'une étoile fixe. Le peu d'intensité de la lumière réfléchie ne nous permettrait pas d'apercevoir de telles planètes, dont longtemps déjà avant Lambert, Képler soupçonnait que chaque étoile devait être accompagnée. En prenant pour distance de l'étoile la plus voisine, α du Centaure, 226 000 rayons de l'orbite terrestre, ou 7525 fois la distance de Neptune au Soleil, une comète à très-grande excursion, celle de 1680, à laquelle on attribue, d'après des données très-incertaines, il est vrai, une révolution de 8800 ans, étant, à l'aphélie, éloignée de notre Soleil de 28 distances de Neptune, l'éloignement de l'étoile α du Centaure sera encore 270 fois plus grand que le rayon de notre système solaire, mesuré jusqu'à l'aphélie de cette comète. Nous apercevons la lumière réfléchie de Neptune à 30 rayons de l'orbite terrestre. Quand même, dans l'avenir, de nouveaux télescopes plus puissants nous permettraient de reconnaî-

tre trois autres planètes successives, jusqu'à la distance, je suppose, de 100 rayons de l'orbite terrestre, une telle distance n'atteindrait pas encore la 8me partie de la distance de la comète à son aphélie, pas 1/2200 de celle à laquelle il nous faudrait percevoir la lumière réfléchie d'un satellite tournant autour de α du Centaure (5). Est-il néanmoins absolument nécessaire d'admettre l'existence de satellites auprès des étoiles fixes? Si nous jetons un regard sur les systèmes inférieurs qui rentrent dans notre grand système planétaire, nous rencontrons, à côté des analogies que peuvent offrir les planètes entourées de nombreux satellites, d'autres planètes: Mercure, Vénus, Mars, qui en sont privées. Faisant donc abstraction de ce qui est simplement possible pour nous borner aux faits réels et indubitables, nous nous sentons vivement pénétrés de cette idée : que le système solaire, surtout avec les complications que les derniers temps nous ont révélées, offre l'image la plus riche des relations directes et facilement reconnaissables, qui rattachent un grand nombre de corps célestes à un seul d'entre eux.

Notre système planétaire, en raison même de l'espace plus restreint qu'il occupe, offre, pour la sûreté et l'évidence des résultats que cherche l'astronomie mathématique, des avantages incontestables sur l'ensemble du firmament. L'étude du monde sidéral, en ce qui concerne surtout les amas stellaires et les nébuleuses, comme aussi pour le classement photométrique des étoiles, travail d'ailleurs trop peu certain, appartient en grande partie au domaine de l'astronomie contemplative. La partie la plus exacte et la plus brillante de l'astronomie, celle qui a reçu de nos jours le plus d'accroissement, est la détermination des positions d'étoiles en ascension droite et en déclinaison. Qu'il s'agisse d'étoiles isolées ou doubles, d'amas stellaires ou de nébuleuses, le mouvement propre des étoiles, les éléments d'où l'on déduit leur parallaxe, la distribution des mondes dans l'espace révélée par les jaugeages télescopiques du Ciel, les périodes des étoiles à éclat changeant ou

la révolution lente des étoiles doubles, sont autant d'objets susceptibles d'être mesurés avec une plus ou moins grande exactitude, bien que ces opérations ne soient pas sans difficulté. Il y en a d'autres au contraire qui par leur nature échappent à toute espèce de calcul : de ce nombre sont la position relative et la forme des couches stellaires ou des nébuleuses perforées, l'ordonnance générale de l'univers, et l'action violente des forces naturelles en vertu desquelles apparaissent ou disparaissent les étoiles, phénomènes qui nous affectent d'autant plus profondément qu'ils touchent aux régions vaporeuses de l'imagination et de la fantaisie (⁴).

Nous nous abstenons à dessein, dans les pages suivantes, de toute considération sur la liaison de notre système solaire avec les systèmes des autres étoiles fixes ; nous ne revenons plus sur ces questions, qui s'imposent à notre intelligence, de la subordination et de la dépendance des systèmes. Nous n'avons plus à nous demander si le Soleil, notre astre central, n'est pas lui-même à l'état de planète dans un autre système plus vaste, et non pas même peut-être à l'état de planète principale, mais à l'état de satellite d'une planète, comme les lunes de Jupiter. Limités à un domaine plus familier, au domaine même du Soleil, nous avons à nous féliciter de cet avantage, que presque tous les résultats de l'observation, excepté ce qui se rattache à l'aspect des surfaces, à l'atmosphère gazeuse des globes planétaires, à la queue simple ou multiple des comètes, à la lumière zodiacale où à l'apparition énigmatique des étoiles filantes, peuvent être ramenés à des rapports numériques, et se présentent comme les conséquences d'hypothèses susceptibles d'une démonstration rigoureuse. Cette démonstration n'entre point dans le plan d'une description physique de l'univers ; tout ce qu'un pareil plan comporte, c'est de recueillir méthodiquement les résultats numériques ; héritage que chaque siècle transmet agrandi au siècle suivant. Une table renfermant la distance moyenne qui sépare les planètes du Soleil, la durée de leur révolution sidérale, l'excentricité de leur orbite, l'inclinaison de ces orbites sur l'écliptique, le dia-

mètre, la masse et la densité, peut offrir aujourd'hui, sous un bien petit espace, l'état des conquêtes intellectuelles qui sont l'honneur de notre époque. Qu'on se transporte un instant dans l'antiquité, qu'on se représente le maître de Platon, le pythagoricien Philolaüs, Aristarque de Samos ou bien Hipparque, en possession de cette feuille de chiffres ou d'une description graphique des orbites de toutes les planètes, tels qu'il s'en trouve dans nos ouvrages élémentaires : on ne pourrait comparer l'étonnement et l'admiration de ces hommes, les héros de la science naissante, qu'à la surprise dont seraient frappés Ératosthène, Strabon, Claude Ptolémée, si on leur présentait une de nos mappemondes dressées sur une carte de quelques pouces carrés, d'après les projections de Mercator.

Les comètes que l'attraction centrale force à revenir sur elles-mêmes, en décrivant une ellipse fermée, marquent la limite du domaine solaire. Mais comme on ne peut être certain qu'il ne se présentera point un jour quelque autre comète, dont le grand axe dépasserait en longueur ceux des comètes connues jusqu'à ce jour et dont les éléments ont été calculés, la distance des aphélies de ces comètes ne nous donne qu'une limite inférieure de l'espace subordonné au Soleil. Ainsi le domaine solaire est caractérisé par les effets visibles et mesurables des forces centrales qui émanent du Soleil, et par les corps planétaires qui décrivent des orbites fermées autour de lui, sans pouvoir rompre les liens qui les y retiennent attachés. L'attraction qu'exerce cet astre sur d'autres étoiles fixes ou soleils, dans des espaces plus vastes, par delà les orbites de ces corps célestes, ne doit point trouver place parmi les considérations dont nous nous occupons ici.

D'après l'état de nos connaissances à la fin de cette première moitié du XIXe siècle (1851), le système solaire comprend les éléments suivants, en rangeant les planètes d'après la distance qui les sépare du corps central :

1° 22 planètes principales : MERCURE, VÉNUS, LA TERRE, MARS ; *Flore, Victoria, Vesta, Iris, Métis, Hébé, Parthénope, Irène,*

Astrée, Égérie, Junon, Cérès, Pallas, Hygie, JUPITER, SATURNE, URANUS, NEPTUNE.

De ces 22 planètes, 6 seulement étaient connues au 17 mars 1781. — Nous avons distingué par des caractères typographiques différents les 8 grandes planètes des 14 petites, appelées quelquefois aussi astéroïdes, dont les orbites entrelacées sont comprises entre Mars et Jupiter.

2° 21 satellites: 1 pour la terre, 4 pour Jupiter, 8 pour Saturne, 6 pour Uranus, 2 pour Neptune.

3° 197 comètes, dont l'orbite est calculée. Parmi ces comètes, 6 sont intérieures, c'est-à-dire que leur aphélie est en deçà de l'orbite planétaire la plus éloignée, celle de Neptune.

Selon toute probabilité, le système solaire renferme encore *la lumière zodiacale,* qui s'étend beaucoup au delà de l'orbite de Vénus et atteint peut-être celle de Mars.

De nombreux observateurs sont aussi d'avis d'y joindre les *essaims d'asteroïdes météoriques* qui coupent l'orbite de la terre, surtout en des points déterminés.

Les événements récents qui méritent d'être mentionnés dans l'histoire des découvertes planétaires, sont: la découverte d'Uranus, la première planète trouvée au delà de l'ellipse de Saturne, qui fut signalée à Bath le 13 mars 1781 par Herschel; la découverte de Cérès, la première des petites planètes, observée par Piazzi à Palerme, le 1er janvier 1801; la reconnaissance de la première comète intérieure, faite par Enche à Gotha, au mois d'août 1819; enfin l'annonce de l'existence de Neptune, prouvée au moyen du calcul des perturbations planétaires, par Leverrier, à Paris, dans le mois d'août 1846, et vérifiée par Galle le 23 septembre 1846, à Berlin. Ces découvertes considérables n'ont pas eu seulement pour résultat d'étendre et d'enrichir d'autant notre système solaire; chacune d'elles a été le principe d'un grand nombre d'autres découvertes: c'est à elles que l'on doit la connaissance de 5 autres comètes intérieures, signalées de 1826 à 1851 par Biéla, Faye, de Vico, Brorsen et d'Arrest, et celle de 13 petites planètes, dont 3 (Pallas,

Junon et Vesta) ont été trouvées de 1801 à 1807, et dont, après 38 ans d'interruption, 9 autres ont été observées successivement par Hencke, Hind, Graham et de Gasparis. A partir de la découverte d'Astrée, due aux observations heureuses et aux habiles combinaisons de Hencke, c'est-à-dire depuis le 8 décembre 1845 jusqu'au milieu de l'année 1851, le monde des comètes est devenu aussi l'objet d'observations tellement attentives, qu'on est parvenu, dans les 11 dernières années, à calculer les orbites de 33 nouvelles comètes. C'est à peu près tout ce qu'on avait pu faire en 40 ans, depuis le commencement du xixe siècle.

I.

LE SOLEIL

CONSIDÉRÉ COMME CORPS CENTRAL

Le flambeau (Lucerna Mundi), comme l'appelle Copernic [5], qui trône au centre du monde, est le cœur de l'univers, suivant l'expression de Théon de Smyrne, et vivifie tout par ses battements [6] ; il est la source de la lumière et de la chaleur rayonnante ; il est sur la terre le principe d'un grand nombre de phénomènes électro-magnétiques. C'est à lui surtout que doit être rapportée l'activité vitale des êtres organisés qui peuplent notre planète, et particulièrement celles des végétaux. Pour donner l'idée la plus générale des actions extérieures par lesquelles se manifeste la puissance du soleil, on peut ramener à deux causes principales les changements qu'il produit à la surface du globe. D'un côté, il agit par l'attraction inhérente à sa masse, comme dans le flux et le reflux de l'Océan, phénomène pour lequel il convient toutefois de réserver le résultat partiel dû à la force attractive de la lune ; de l'autre, par les ondulations ou vibrations transversales de l'éther, principes de la chaleur et de la lumière, qui, entre autres phénomènes, déterminent, en vaporisant les eaux dans les mers, les lacs et les fleuves, le mélange fertilisateur

des couches liquides et gazeuses dont notre planète est enveloppée. C'est aussi dans l'influence du Soleil qu'il faut chercher l'origine des courants aériens, produits par des différences de température, ainsi que celle des courants pélagiques, dus à la même cause, et qui n'ont point cessé depuis des milliers d'années, quoique à un moindre degré, d'entasser ou d'entraîner des couches sédimentaires, et de changer ainsi la constitution superficielle du sol submergé. Le Soleil fait encore naître et entretient l'activité électro-magnétique de la croûte terrestre et celle de l'oxygène contenu dans l'air. Tantôt enfin il se manifeste tranquillement et en silence par des affinités chimiques, et détermine les divers phénomènes de la vie, chez les végétaux, dans l'endosmose des parois cellulaires, chez les animaux, dans le tissu des fibres musculaires ou nerveuses; tantôt il fait éclater dans l'atmosphère le tonnerre, les ouragans et les trombes d'eau.

Nous avons essayé ici de tracer le tableau des influences solaires, à l'exception de celles qui agissent sur l'axe du globe ou sur son orbite. En exposant le lien qui unit entre eux de grands phénomènes, dont à première vue on ne soupçonnerait point le rapport, nous nous sommes proposé de rendre saisissante cette vérité que, dans un livre sur le Cosmos, il est parfaitement légitime de représenter la nature physique comme un corps animé, vivant en vertu de forces intérieures qui souvent se font équilibre. Cependant les ondes lumineuses n'agissent pas seulement sur le monde des corps, et ne se bornent pas à décomposer et à recomposer les substances; elles n'ont pas pour unique effet d'attirer hors du sein de la terre les germes délicats des plantes, de développer dans les feuilles la matière verte ou chlorophylle, de teindre les fleurs odorantes, ou de répéter mille et mille fois l'image du Soleil, au milieu du choc gracieux des vagues, et sur les tiges légères de la prairie courbées par le souffle du vent; la lumière du ciel, suivant les différents degrés de sa durée et de son éclat, est aussi en relations mystérieuses avec l'intérieur de l'hom-

me, avec l'excitation plus ou moins vive de ses facultés, avec la disposition gaie ou mélancolique de son humeur; c'est ce que Pline l'Ancien a exprimé par ces paroles (lib. 11, cap. 6): « Cœli tristitiam discutit Sol, et humani nubila animi serenat. »

Dans la description des planètes, je placerai les données numériques avant les détails qu'il me sera possible de fournir sur leur constitution physique, à l'exception de la Terre que je réserve pour plus tard. L'ordre adopté pour ces nombres sera à peu près le même que celui qu'a suivi Hansen, dans son excellent Aperçu du Système solaire (*Uebersicht des Sonnensystems*), toutefois avec des changements et des additions, puisque depuis 1837, époque où l'écrivait l'auteur, on a découvert onze planètes et trois satellites (7).

La distance moyenne du centre du Soleil à la Terre est, d'après la correction additionnelle de Encke pour la parallaxe du Soleil, que l'on peut voir dans les Mémoires de l'Académie de Berlin (1835, p. 309), de 20 682 000 milles géographiques, de 15 au degré de l'équateur terrestre, chacun de ces milles valant exactement, d'après les recherches faites par Bessel sur dix mesures de degré, 3807t, 23 ou 7420m, 43 (*Cosmos*, t. I, p. 339, n. 30).

La lumière, suivant les observations de Struve sur la constante de l'aberration, met pour venir du Soleil à la Terre, en supposant la planète à distance moyenne du corps central, c'est-à-dire pour parcourir le demi-diamètre de l'orbite terrestre, 8′ 17″, 78 (*Cosmos*, t. III, p. 65 et 234), d'où il suit que la position vraie du Soleil est à 20″, 445 en avant de sa position apparente.

Le diamètre apparent du Soleil, à une distance moyenne de la Terre, est de 32′ 1″, 8; par conséquent il ne dépasse que de 54″, 8 celui de la Lune, vue également à une distance moyenne. Au périhélie, c'est-à-dire au moment de l'hiver où la Terre est le plus près du Soleil, le diamètre apparent de cet astre augmente jusqu'à 32′ 34″, 6; à l'aphélie, en été, lorsque nous sommes au contraire le

plus loin possible du Soleil, ce diamètre n'est plus que de 31′ 30″, 1.

Le vrai diamètre du Soleil est de 192,700 milles géographiques, ou 146 600 myriamètres, c'est-à-dire qu'il est plus de 112 fois plus grand que le diamètre de la Terre.

La masse du Soleil, d'après les calculs d'Encke sur la formule que Sabine a donnée du pendule, est égale à 359,551 fois la masse de la Terre, ou à 355,499 fois les masses réunies de la Terre et de la Lune (4e Mémoire sur la comète de Pons, dans le recueil des Mémoires de l'Académie de Berlin, 1842, p. 5). Il en résulte que la densité du Soleil n'est qu'environ 1/4, ou plus exactement 0,252 de celle de la Terre.

Le volume du Soleil est 600 fois plus grand, et sa masse, d'après Galle, est 738 fois plus grande que le volume et la masse de toutes les planètes réunies. Pour donner une image sensible de la grandeur du globe solaire, on a remarqué, que si l'on se représente ce globe creux et la Terre placée au centre, il y aurait encore de l'espace pour l'orbite lunaire, en supposant le rayon de cette orbite prolongé de plus de 40 000 milles géographiques.

Le Soleil tourne autour de son axe en 25 jours 1/2. L'équateur est incliné sur l'écliptique de 7° 1/2. D'après les observations très-exactes de Laugier (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XV, 1842, p. 941), la durée da la rotation est de $25^{j}\,8^{h}\,9'$ et l'inclinaison de l'équateur de 7° 9′.

Les conjectures auxquelles est peu à peu arrivée l'astronomie moderne touchant la constitution physique de la surface du Soleil, reposent sur l'observation attentive et prolongée des changements qui s'opèrent dans son disque lumineux. La manière dont se suivent et se rattachent entre elles ces modifications, telles que la naissance des taches, le déplacement relatif des noyaux noirs et du bord cendré ou pénombre, a conduit à l'opinion suivante : que le corps du Soleil lui-même est presque entièrement obscur, mais entouré à une grande distance d'une atmos-

phère lumineuse ; que des courants ascendants forment dans cette atmosphère des ouvertures à bords évasés, et que le centre noir des taches n'est autre chose qu'une portion même du corps obscur du Soleil, vu à travers ces ouvertures. Pour que cette hypothèse, que nous indiquons ici légèrement et d'une manière générale, puisse rendre raison de toutes les particularités qui se produisent à la surface du Soleil, on admet autour de ce globe obscur l'existence de trois enveloppes différentes ; d'abord une première enveloppe intérieure, de matière vaporeuse et semblable à des nuages ; puis une enveloppe lumineuse ou photosphère, recouverte elle-même, comme cela paraît surtout établi par l'éclipse totale du 8 juillet 1842, d'une autre atmosphère extérieure dans laquelle flottent des nuages (8).

Il arrive quelquefois que d'heureux pressentiments ou des jeux de l'imagination contiennent, longtemps avant toute observation réelle, le germe d'opinions véritables. L'antiquité grecque est remplie de pareilles rêveries, qui plus tard se sont réalisées. De même, au xv[e] siècle, nous trouvons déjà clairement exprimée dans les écrits du cardinal Nicolas de Cusa, au II[e] livre du traité *de docta Ignorantia,* cette conjecture que le corps du Soleil est en lui-même un noyau terreux, entouré d'une enveloppe légère formée par une sphère lumineuse ; qu'au milieu, c'est-à-dire vraisemblablement entre le globe obscur et l'atmosphère éclatante, se trouve un air transparent mêlé de nuages humides et semblables à notre atmosphère. Il ajoutait que la propriété de rayonner la lumière qui revêt la Terre de végétaux n'appartient pas au noyau terreux du Soleil, mais à la sphère lumineuse qui l'enveloppe. Cet aperçu, que l'on n'a pas assez signalé jusqu'à ce jour dans l'histoire de l'astronomie, offre une grande ressemblance avec les idées actuellement dominantes (9).

Ainsi que je l'ai dit déjà, en passant en revue les phases principales entre lesquelles se divise l'histoire de la Contemplation du Monde (10), les taches du soleil ne furent reconnues ni par Galilée, ni par Scheiner, ni par Harriot,

mais par Jean Fabricius, de la Frise orientale, qui le premier les observa et en fit imprimer la description. Jean Fabricius, aussi bien que Galilée, savaient déjà que ces taches appartiennent au globe solaire lui-même : on peut s'en assurer en lisant la lettre de Galilée au prince Cési, datée du 25 mai 1612. Cependant, dix ans après, Jean Tarde, chanoine de Sarlat, et dix ans plus tard encore, un jésuite belge, prétendirent presqu'en même temps que les taches étaient causées par le passage de petites planètes, que le premier nomma *Sidera Borbonia*, le second *Sidera Austriaca* ([11]). Ce fut Scheiner qui le premier employa, pour observer le Soleil, les verres préservatifs verts ou bleus, proposés 70 ans auparavant dans l'*Astronomicum Cæsareum* par Apian, autrement appelé Bienewitz, et dont les pilotes hollandais se servaient déjà depuis longtemps ([12]). Ce fut en grande partie pour n'avoir pas fait usage de ces verres que Galilée perdit la vue.

C'est chez le grand Dominique Cassini que se trouve le témoignage le plus précis sur la nécessité de se représenter le globe solaire comme un corps obscur, entouré d'une photosphère. Cette conclusion, appuyée sur des observations positives, date environ de l'an 1671 ; c'est-à-dire qu'elle est postérieure d'une soixantaine d'années à la découverte des taches solaires. D'après Dominique Cassini, la surface visible du Soleil est « un océan de lumière qui enveloppe le noyau solide et obscur du Soleil; de grands mouvements et comme des bouillonnements se produisent dans cette sphère lumineuse, et de temps à autre nous laissent apercevoir les sommets des montagnes dont le Soleil est hérissé ; ce sont là les noyaux noirs qu'on distingue au centre des taches. » Les pénombres cendrées qui bordent ces noyaux restaient encore sans explication.

Une observation ingénieuse et souvent vérifiée depuis, que l'astronome de Glasgow, Alexandre Wilson, fit sur une grande tache solaire le 22 novembre 1769, le conduisit à expliquer la nature des pénombres. Wilson observa qu'à mesure qu'une tache s'approche du bord du Soleil, la pé-

nombre la plus rapprochée du centre de l'astre diminue de plus en plus de grandeur relativement à la pénombre opposée. De là, Wilson conclut très-judicieusement, en 1774, que le noyau de la tache, c'est-à-dire la portion du globe solaire devenue visible par l'entonnoir ouvert dans l'enveloppe lumineuse, est située sur un plan plus reculé que la pénombre, et que la pénombre est formée par les talus de l'excavation. Cette explication toutefois ne répondait pas encore à la question de savoir pourquoi la pénombre est plus brillante auprès du noyau.

Sans connaître le Mémoire de Wilson, un astronome de Berlin, Bode, dans son livre sur la nature du Soleil et sur l'origine des taches (*Gedanken ueber die Natur der Sonne und die Entstehung ihrer Flecken*), a développé des idées toutes semblables, avec cette clarté qui le rendait si propre à populariser la science. Il a facilité encore l'explication des pénombres, en admettant, presque comme dans l'hypothèse du cardinal Nicolas de Cusa, une couche nuageuse placée entre la photosphère et le globe obscur du Soleil. Cette supposition de deux couches distinctes conduit aux déductions suivantes : Si une ouverture se forme, ce qui arrive rarement, dans la photosphère seule, sans se prolonger dans la couche de vapeurs située au-dessous et éclairée imparfaitement par l'atmosphère lumineuse, cette couche intérieure renvoie à l'habitant de la terre une lueur très-pâle, et l'on voit une pénombre grise, une tache, mais point de noyau. Si, au contraire, sous l'influence des phénomènes météorologiques qui s'agitent violemment à la surface du Soleil, l'ouverture pénètre à travers l'enveloppe de lumière et l'enveloppe de nuages, il se détache au milieu de la pénombre cendrée un noyau « qui semble plus ou moins sombre, selon que cette ouverture correspond, sur le globe solaire, à des terres rocheuses ou sablonneuses ou bien à des mers (13). » L'espace gris qui entoure le noyau est, comme dans l'hypothèse précédente, une portion de la surface extérieure de la région nuageuse ; et comme, à cause de la forme évasée de l'excavation, l'ouverture est moin-

dre dans cette couche que dans la photosphère, la direction des rayons qui partant des bords de l'ouverture viennent frapper l'œil de l'observateur, explique la différence que Wilson observa le premier dans la largeur de la pénombre aux deux côtés opposés, différence qui augmente à mesure que la tache s'éloigne du centre du disque solaire. Lorsque la pénombre s'étend sur toute la tache et fait disparaître le noyau, ainsi que Laugier l'a remarqué plusieurs fois, cela tient à ce que, non pas la photosphère, mais la couche de brouillards inférieure s'est refermée.

Une tache visible à l'œil nu qui apparut à la surface du Soleil, en 1779, attira par bonheur sur le sujet qui nous occupe les facultés d'observation et d'invention qui distinguaient au même degré William Herschel. Nous possédons les résultats du grand travail auquel il se livra dans le recueil des *Philosophical Transactions* (1795 et 1801); il y examine en détail les cas les plus particuliers, d'après une nomenclature très-précise qu'il établit lui-même. Comme d'habitude, ce grand homme suit sa propre voie ; une seule fois il nomme Alexandre Wilson. L'ensemble de ses vues est identique à celles de Bode; la construction à l'aide de laquelle il explique l'aspect du noyau et de la pénombre (*Philosophical Transactions*, 1801, p. 270 et 318, tab. XVIII, fig. 2) est fondée sur l'hypothèse de la déchirure des deux enveloppes. Mais, entre la couche de brouillards et le globe obscur du Soleil, il place une atmosphère claire et transparente (p. 302), dans laquelle des nuages sombres, ou ne brillant du moins que d'une lumière réfléchie, sont suspendus à une hauteur de 50 ou 60 myriamètres. A vrai dire, Herschel semble disposé à ne considérer aussi la photosphère que comme une couche de nuages lumineux, indépendants les uns des autres, et offrant des surfaces très-inégales. Il lui semble qu'un fluide élastique de nature inconnue s'élève de l'écorce ou de la surface du globe obscur, et produise dans les régions supérieures, s'il agit faiblement, un pointillé noir sur un fond lumineux, si au contraire il se déchaîne avec violence, de larges ouvertures qui laissent voir des noyaux entourés de pénombres.

Rarement arrondis et offrant presque toujours des lignes brisées et des angles rentrants, les noyaux obscurs sont souvent entourés de pénombres qui répètent la même figure sur de plus grandes dimensions. On ne remarque aucune transition d'éclat entre le noyau et la pénombre, ou entre la pénombre qui quelquefois est filiforme et la photosphère. Capocci ainsi qu'un autre observateur très-diligent, Pastorff, ont dessiné avec beaucoup d'exactitude les formes anguleuses des taches (Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, n° 115, p. 316; n° 133, p. 291, et n° 144, p. 471). W. Herschel et Schwabe virent les noyaux traversés par des veines éclatantes, ou par des espèces de ponts lumineux (luminous bridges). Ces phénomènes de nature nuageuse proviennent de la deuxième couche, qui donne naissance aux pénombres. D'après l'astronome de Slough, ces aspects singuliers, dus probablement à des courants ascendants, la formation tumultueuse des taches, des facules, des sillons et des crêtes, produites par les ondes lumineuses, indiqueraient un dégagement énergique de lumière; et, au contraire, « l'absence de taches et des phénomènes qui les accompagnent, ferait supposer un affaiblissement dans la combustion, et par suite une influence moins puissante et moins salutaire sur la température de notre planète et le développement de notre végétation. » Ces hypothèses conduisirent Herschel à étudier le prix du blé et la nature des récoltes, dans les années où l'on a remarqué l'absence de taches au Soleil: de 1676 à 1684 (d'après les données de Flamsteed), de 1686 à 1688 (d'après celles de Dominique Cassini), de 1695 à 1700 et de 1795 à 1800. Malheureusement on manquera toujours des éléments numériques qui seuls pourraient mener à une solution même douteuse d'un pareil problème; non pas seulement, ainsi que le remarque lui-même Herschel avec sa prudence habituelle, parce que le cours des céréales dans une portion de l'Europe ne saurait donner la mesure de la végétation sur le continent tout entier, mais surtout parce que, lors même que l'abaissement de la température

moyenne se serait fait sentir durant une année dans toute l'Europe, on ne peut en aucune façon en conclure que, dans le même laps de temps, le corps terrestre ait reçu du Soleil une moindre quantité de chaleur. Il ressort des recherches de Dove sur les variations non périodiques de la température, qu'il y a toujours contraste entre les conditions climatologiques de contrées situées presque sous les mêmes latitudes des deux côtés de l'Atlantique. Cette opposition semble se produire régulièrement entre notre continent et la partie moyenne de l'Amérique du Nord. Lorsque nous subissons ici un hiver rigoureux, il est là-bas fort doux, et réciproquement. En raison de l'influence incontestable que la quantité moyenne de chaleur estivale exerce sur le cycle de végétation et par suite sur l'abondance des céréales, ces compensations dans la répartition de la chaleur ont les plus heureuses conséquences pour les peuples entre lesquels la mer établit des communications rapides.

Sir William Herschel attribuait à l'activité du corps central, manifestée par les phénomènes dont les taches solaires sont la conséquence, une augmentation de chaleur sur la terre. Environ deux siècles et demi plus tôt, Batista Baliani, dans une lettre à Galilée, avait au contraire considéré les taches comme des causes de refroidissement [14]. C'est aussi la conclusion à laquelle semblerait aboutir la tentative que fit à Genève le savant astronome Gautier, en comparant quatre périodes remarquables par le grand nombre ou la rareté des taches solaires (de 1827 à 1848), avec la température moyenne de 33 stations européennes et de 27 stations américaines, sous des latitudes semblables. Cette comparaison fait ressortir de nouveau, par des différences positives ou négatives, les contrastes que présentent les saisons sur les côtes opposées de l'Atlantique. Quant à l'influence réfrigérante des taches solaires, les résultats définitifs du rapprochement tenté par Gautier donneraient à peine 0°,42 centigr.; fraction qui peut d'ailleurs, en raison de son peu d'importance, être attribuée tout aussi bien à des erreurs d'observation ou à la direction des vents.

Il reste à parler d'une troisième enveloppe du Soleil, dont il a été fait mention plus haut. C'est la plus extérieure de toutes; elle recouvre la photosphère, est nuageuse et imparfaitement transparente. Des apparences extraordinaires, de couleur rouge, et ressemblant à des montagnes ou à des flammes, furent aperçues durant l'éclipse totale du 8 juillet 1842, sinon pour la première fois, au moins d'une façon beaucoup plus nette; et cette observation fut faite simultanément par plusieurs des observateurs les plus exercés. C'est ce qui a conduit à reconnaître l'existence d'une troisième enveloppe. Après une discussion approfondie de toutes les observations, Arago a énuméré avec une rare sagacité, dans un Mémoire spécial (15), les motifs qui rendent cette hypothèse nécessaire. Il a fait voir en même temps que depuis 1706 on a décrit huit fois, dans des éclipses de Soleil ou totales ou annulaires, des éminences marginales rougeâtres, semblables à celles de 1842 (16).

Le 8 juillet 1842, lorsque le disque lunaire, plus grand en apparence que celui du Soleil, l'eût couvert entièrement, on ne vit pas seulement une lueur blanchâtre entourer la Lune en forme d'auréole ou de couronne lumineuse; on vit encore deux ou trois protubérances qui semblaient enracinées sur les bords et que, parmi les astronomes qui les observèrent, les uns comparèrent à des montagnes rougeâtres et anguleuses, d'autres à des masses de glace colorées en rouge, d'autres encore à des langues de flammes immobiles. Malgré la grande diversité des lunettes dont on fit usage, Arago, Laugier et Mauvais, à Perpignan; Petit, à Montpellier; Airy, sur les hauteurs de la Superga, près de Turin; Schumacher, à Vienne, et beaucoup d'autres astronomes, s'accordèrent complètement sur les traits principaux qu'offrait l'ensemble du phénomène. Les protubérances ne furent pas visibles simultanément sur tous les points; dans quelques endroits on put les apercevoir même à l'œil nu. L'angle sous-tendu par leur hauteur fut diversement estimé. L'appréciation la plus certaine parait être celle de Petit, directeur de l'Observatoire de Toulouse. Elle est de 1′ 45″;

ce qui, dans le cas où ces apparences seraient réellement des montagnes, leur assignerait une élévation de plus de 7000 myriamètres. C'est presque sept fois le diamètre de la Terre, qui est contenu 112 fois dans celui du Soleil. L'ensemble de tous les phénomènes observés a conduit à conjecturer avec beaucoup de vraisemblance que ces apparences rouges sont des ondulations de la troisième atmosphère, des masses nuageuses éclairées et colorées par la photosphère ([17]). Arago, en développant cette idée, exprime la conjecture que l'azur profond du ciel, que j'ai eu moi-même l'occasion de mesurer sur les plus hauts sommets des Cordillères, avec des instruments aujourd'hui encore bien imparfaits, pourrait fournir un moyen facile d'observer les nuages en forme de montagnes de la troisième enveloppe solaire ([18]).

Ce qui frappe au premier abord, quand on cherche à déterminer dans quelle zone du Soleil se montrent habituellement les taches, c'est qu'elles sont rares vers l'équateur solaire, entre 3° de latitude boréale et 3° de latitude australe, et qu'elles manquent complètement dans les régions polaires. A deux époques seulement de l'année, le 8 juin et le 9 décembre, les taches ne décrivent plus des courbes concaves ou convexes, mais tracent des lignes droites parallèles entre elles, et à l'équateur. La zone où les taches sont le plus fréquentes est comprise entre 11° et 15° de latitude Nord. En général on peut affirmer qu'elles se rencontrent en plus grand nombre dans l'hémisphère septentrional, et, comme le dit Sœmmering, qu'elles se prolongent plus loin en dehors de l'équateur vers le Nord que vers le Sud (*Outlines*, § 393, *Voyage au Cap*, p. 433). Galilée déjà avait donné 29° comme limite extrême dans les deux hémisphères. John Herschel recula cette limite jusqu'à 35°; c'est aussi ce qu'a fait Schwabe (Schumacher's *Astron. Nachr.*, n° 473). Quelques taches isolées ont été vues par Laugier sous 41° (*Comptes rendus*, t. XV, p. 944) par Schwabe jusque sous 50° de latitude. Une tache décrite par La Hire sous 70° de latitude Nord peut être mise au rang des plus grandes raretés.

La distribution des taches sur le disque du Soleil, telle que nous venons de l'indiquer, leur rareté sous l'équateur et dans les régions polaires, leur disposition parallèle à l'équateur, ont fait supposer à Sir John Herschel que les obstacles que la troisième enveloppe extérieure peut en certains endroits opposer à l'émission de la chaleur, font naître dans l'atmosphère du Soleil des courants dirigés du pôle vers l'équateur, courants analogues à ceux qui, causés sur la Terre par la vitesse de la rotation, différente sous chaque parallèle, produisent les vents alisés et les calmes qui règnent surtout dans le voisinage de l'équateur. Quelques taches se montrent si permanentes qu'on les voit reparaître six mois entiers, comme cela est arrivé pour la grande tache de 1779. Schwabe a pu, en 1840, retrouver un même groupe huit fois de suite. En mesurant exactement un noyau obscur représenté dans l'ouvrage d'Herschel, auquel j'ai fait de si nombreux emprunts, le Voyage au Cap, on s'est assuré qu'il est d'une telle grandeur que le globe terrestre, lancé à travers l'ouverture de la photosphère, aurait laissé encore de chaque côté un espace de plus de 170 myriamètres. Sœmmering remarque qu'il y a sur le Soleil certains méridiens dans lesquels, pendant de longues années, il n'a pas vu apparaître une seule tache (Thilo, *de Solis maculis a Sœmmeringio observatis*, 1828, p. 22). Les résultats si différents trouvés pour la durée de la rotation du Soleil ne doivent pas être attribués seulement à l'inexactitude des observations ; ces différences proviennent de la propriété qu'ont certaines taches de changer de place sur la surface du Soleil. Laugier a consacré à cet objet des recherches spéciales, et a observé des taches qui, prises isolément, auraient donné pour la rotation une durée tantôt de 24j, 28 tantôt de 26j, 46. Le seul procédé propre à faire connaître la durée de la rotation solaire est donc de prendre une moyenne entre un grand nombre de taches, qui par la permanence de leur forme et la distance qui les sépare d'autres taches visibles en même temps, garantissent contre les chances d'erreur.

Quoiqu'il arrive plus souvent qu'on ne le croit en général de distinguer nettement à l'œil nu des taches sur la surface du Soleil, pourvu que l'on dirige ses observations dans ce sens, c'est à peine si, du commencement du IXe siècle au commencement du XVIIe, l'on peut retrouver l'indication de deux ou trois phénomènes qui méritent confiance. Tels sont la prétendue station que, d'après les Annales des rois francs, attribuées d'abord à un astronome bénédictin, puis à Eginhard, Mercure aurait faite durant huit jours sur le disque du Soleil, en 807; le passage de Vénus sur le Soleil en 91 jours, sous le règne du calife Al-Motassem, dans l'année 840, et les *signa in Sole* observés en 1096, d'après le *Staindelii Chronicon*. La mention faite par les historiens d'obscurcissements survenus dans le Soleil, ou, pour parler avec plus d'exactitude, d'un affaiblissement plus ou moins long de la lumière solaire, m'a conduit, depuis un grand nombre d'années, à faire des recherches spéciales sur la nature météorologique et peut-être cosmique de ces phénomènes ([19]). Comme les grandes accumulations de taches, telle que celle, par exemple, qu'Hévélius observa le 20 juillet 1643, et qui couvrit un tiers du Soleil, sont toujours accompagnées d'une multitude de facules, je suis porté à attribuer aux noyaux obscurs ces assombrissements, durant lesquels des étoiles devinrent visibles quelque temps, comme dans les éclipses totales.

Un calcul de Du Séjour nous apprend qu'une éclipse totale ne peut durer, pour un point de l'équateur terrestre, plus de 7′ 58″, et pour la latitude de Paris plus de 6′ 10″. Les obscurcissements rapportés par les annalistes eurent une durée beaucoup plus longue, et je serais tenté, pour cette raison, de les rapporter à trois causes différentes : 1° à la perturbation apportée dans le développement de la lumière du Soleil ou à une intensité moins grande de la photosphère; 2° à des obstacles, tels que des couches de nuages plus étendues et plus épaisses, opposées au rayonnement de la lumière et de la chaleur, par l'atmosphère extérieure, imparfaitement transparente, qui recouvre la

sphère lumineuse; 3° à des mélanges qui troubleraient l'air qui nous entoure, comme les poussières, généralement de nature organique, que transportent les vents alisés, et les prétendues pluies d'encre, ou les pluies de sable dont Macgowan rapporte qu'elles tombent en Chine durant plusieurs jours. Les deux dernières explications n'exigent aucun affaiblissement dans la production peut-être électro-magnétique de la lumière, hypothèse d'après laquelle la lumière serait une aurore boréale perpétuelle ([20]); mais la troisième exclut la visibilité des étoiles en plein midi, dont il est si souvent question, lors de ces obscurcissements mystérieux, décrits avec trop peu de détails.

Ce n'est pas seulement l'hypothèse d'une troisième et dernière enveloppe du Soleil, ce sont aussi les conjectures sur toute la constitution physique du corps central de notre système planétaire, qui sont confirmées par la découverte, due à Arago, de la polarisation colorée. Un rayon de lumière qui, partant des régions les plus reculées du Ciel, vient frapper notre œil, après avoir parcouru un grand nombre de millions de lieues, indique comme de lui-même, dans le polariscope d'Arago, s'il est réfléchi ou réfracté, s'il émane d'un corps solide, liquide ou gazeux (*Cosmos*, t. I, p. 30; t. II, p. 283). Il est essentiel de distinguer la lumière naturelle rayonnant directement du Soleil, des étoiles et des flammes, qui n'est polarisée qu'à la condition d'être réfléchie par un plan de glace, sous un angle de 35° 25′, et la lumière polarisée qui émane spontanément des corps solides ou liquides incandescents. La lumière polarisée vient très-probablement de l'intérieur de ces corps. Passant d'un milieu plus dense dans la couche d'air environnante, elle est réfractée à la surface; une partie du rayon est renvoyée vers l'intérieur et devient de la lumière polarisée par réflexion, tandis que l'autre partie offre les caractères de la lumière polarisée par réfraction. Le polariscope chromatique distingue ces deux lumières l'une de l'autre, d'après les situations opposées qu'occupent les images colorées complémentaires. A l'aide d'ex-

périences très-délicates qui remontent au delà de 1820, Arago a démontré qu'un corps solide incandescent, par exemple un boulet de fer chauffé au rouge, ou bien un métal fondu à l'état liquide et lumineux, n'émet dans une direction perpendiculaire à sa surface que de la lumière naturelle; mais que les rayons qui, partant des bords, forment pour arriver jusqu'à nous un angle d'émergence très-incliné sur la surface, sont polarisés. Si l'on voulait appliquer à des flammes gazeuses ce même appareil qui sépare si nettement les deux sortes de lumière, on ne pourrait découvrir de traces de polarisation, quelque petit que fût l'angle sous lequel seraient émanés les rayons. Bien que, même pour les gaz, la lumière prenne naissance à l'intérieur du corps incandescent, dans ce cas cependant, en raison de la faible densité des couches gazeuses, la longueur de la route que les rayons ont à traverser et l'obliquité de leur direction ne paraissent pas diminuer leur intensité ni leur nombre, et l'émergence de ces rayons, leur passage dans un autre milieu, ne produit point de polarisation. Or le Soleil ne montre pas trace de polarisation, lorsqu'on étudie au polariscope la lumière qui part de ses bords sous des angles extrêmement petits; il résulte de cette importante comparaison que ce qui brille dans le Soleil ne provient pas du corps solaire, ni d'une substance liquide, mais d'une enveloppe gazeuse et douée d'une lumière propre. Ceci peut s'appeler une analyse physique de la photosphère.

Le même instrument optique a aussi donné la preuve que l'intensité de la lumière n'est pas plus grande au centre que sur les contours du disque solaire. Lorsque deux images complémentaires du Soleil, l'une rouge, l'autre d'un bleu verdâtre, sont projetées l'une sur l'autre, de façon que le bord de la première tombe sur le centre de la seconde, la partie commune devient parfaitement blanche. Si l'intensité lumineuse du Soleil était différente en ses divers points, plus grande, par exemple, au centre qu'à la circonférence, on obtiendrait aux bords du segment com-

mun, en réunissant partiellement les deux images colorées, d'un côté du rouge ; de l'autre côté du bleu ; cela tient à ce que du côté de l'image rouge les rayons bleus ne pourraient neutraliser qu'en partie les rayons rouges provenant du centre qui sont plus nombreux. Rappelons-nous maintenant que dans une atmosphère gazeuse, les bords doivent paraître plus lumineux que le centre, et que, dans un globe solide, les bords et le centre doivent avoir la même intensité. Il s'en suit que la photosphère, formant pour nous le disque apparent du Soleil, devrait paraître plus éclatante à la circonférence qu'au centre, résultat contredit par le polariscope, qui indique une égale intensité de lumière au centre et sur les bords. Si cette opposition n'a pas lieu, on doit l'attribuer à l'enveloppe de vapeurs qui entoure la photosphère, et éteint moins la lumière du centre que celle des rayons qui, partant des bords, ont à franchir à travers ces nuages une plus longue distance, pour arriver à l'œil de l'observateur ([21]). Des physiciens et des astronomes célèbres, Bouguer et Laplace, Airy et Sir John Herschel, sont opposés à ces vues d'Arago ; ils tiennent l'intensité des bords pour inférieure à celle du centre, et le dernier nommé de ces illustres savants rappelle « que d'après les lois de l'équilibre, cette atmosphère extérieure devrait avoir une forme sphéroïdale plus aplatie que les enveloppes qu'elle recouvre, et que la densité plus grande qui en résulterait vers l'équateur devrait déterminer une différence dans l'intensité de la lumière rayonnante ([22]). » Arago s'occupe actuellement de soumettre son opinion à de nouvelles épreuves, et de ramener le résultat de ses observations à des rapports numériques précis.

La comparaison de la lumière solaire avec les deux lumières artificielles les plus puissantes qu'on ait pu jusqu'à présent produire sur la terre, donne, dans l'état encore si imparfait de la photométrie, les rapports suivants : Dans les ingénieuses expériences de Fizeau et de Foucault, la lumière de Drummond, produite par la flamme d'hydrogène et d'oxygène dirigée sur de la craie, est relativement au

disque solaire comme 1 est à 146. On a reconnu que le courant lumineux obtenu entre deux charbons, dans l'expérience de Davy, par l'action d'une pile de Bunsen, est au Soleil, sous l'influence de 46 éléments, dans le rapport de 1 à 4, 2; et en employant de très-grands éléments, comme 1 à 2, 5; il n'est donc pas trois fois plus faible que la lumière solaire ([23]). Si aujourd'hui encore on n'apprend point sans étonnement que l'éclat éblouissant de la lumière de Drummond, projeté sur le disque du Soleil, a l'apparence d'une tache noire, on doit admirer doublement la sagacité de Galilée, qui dès l'année 1612, par une suite de déductions sur la distance à laquelle Vénus doit être du Soleil pour être visible à l'œil privé d'instruments, conclut que le noyau le plus sombre des taches solaires est plus brillant que la portion la plus éclatante de la pleine Lune ([24]).

William Herschel, exprimant par le nombre 1000 l'intensité générale de la lumière du Soleil, estimait en moyenne celle des pénombres des taches à 469, celle du noyau obscur à 7. D'après ces données, sans doute bien conjecturales, si l'on estime, avec Bouguer, que le Soleil est 300 000 fois plus éclatant que la pleine Lune, la pleine Lune posséderait 2000 fois moins de lumière que le noyau noir des taches du Soleil. Certains passages de Mercure ont manifesté d'une manière remarquable l'intensité lumineuse de cette portion centrale des taches, qui n'est autre chose que le corps obscur du Soleil, éclairé par le reflet des parois ouvertes de la photosphère, et celui de l'atmosphère nuageuse qui forme les pénombres, ainsi que par la lumière des couches d'air terrestres, interposées entre le soleil et l'observateur. Comparés à la planète dont l'hémisphère non éclairé était alors tourné vers la Terre, les noyaux sombres des taches voisines semblaient d'un gris clair ([25]). Lors du passage de Mercure, le 5 mai 1832, un excellent observateur, le Conseiller Schwabe, de Dessau, a examiné attentivement la différence d'obscurité entre les noyaux et la planète. J'ai malheureusement perdu l'occasion de faire moi-même ce rapprochement, lors du passage du 9 novem-

bre 1802 que j'observai au Pérou, bien que Mercure touchât presque plusieurs noyaux. Trop préoccupé de déterminer la position de la planète par rapport aux fils du télescope, je négligeai cette comparaison. En Amérique, le professeur Henry démontra, dès 1815, à Princeton, que les taches du Soleil émettent beaucoup moins de chaleur que les portions du disque qui n'ont point de taches. L'image du Soleil et celle d'une grande tache furent projetées sur un écran, et l'on mesura à l'aide du thermo-multiplicateur les différences de température ([26]).

Que les rayons calorifiques se distinguent des rayons lumineux par des longueurs différentes dans les ondulations transversales de l'éther, ou qu'il y ait identité entre eux, et que les rayons calorifiques produisent en nous la sensation de lumière par une certaine vitesse de vibration, propre à de très-hautes températures, toujours est-il que le Soleil, source de la lumière et de la chaleur, peut faire naître et entretenir des forces magnétiques sur notre planète et surtout dans l'atmosphère qui l'enveloppe. La connaissance déjà ancienne de phénomènes thermo-électriques dans certains cristaux, tels que la tourmaline, la boracite, la topaze, et d'autre part la grande découverte d'OErsted (1820), d'après laquelle tout conducteur traversé par l'électricité exerce, pendant la durée du courant, des influences déterminées sur l'aiguille aimantée, rendirent sensible la relation intime qui existe entre la chaleur, l'électricité et le magnétisme. Appuyé sur cette sorte de parenté, l'ingénieux Ampère, qui attribuait toute espèce de magnétisme à des courants électriques, agissant dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'aiguille aimantée, proposa cette hypothèse que la tension magnétique du globe est produite par des courants électriques, circulant autour de notre planète de l'Est à l'Ouest, et que, par suite, les variations horaires de la déclinaison magnétique dépendent de la chaleur source des courants, qui varie elle-même suivant la position du Soleil. Les recherches thermo-magnétiques de Seebeck, d'où il résulte que les variations de température dans les sou-

dures d'un circuit de bismuth et de cuivre, ou d'autres métaux dissemblables, déterminent une déviation de l'aiguille aimantée, confirmèrent les vues d'Ampère.

Une brillante découverte de Faraday, que l'auteur vient de soumettre à un nouvel examen, presqu'au moment où l'on imprime ces feuilles, jette un jour inattendu sur cette importante question. Des travaux antérieurs de ce grand physicien avaient déjà démontré que tous les gaz sont *diamagnétiques*, c'est-à-dire se placent dans la direction de l'Est à l'Ouest, comme le bismuth et le phosphore, avec cette circonstance toutefois que l'oxygène jouit de cette propriété à un degré moindre que tous les autres gaz. Ses dernières recherches, dont le commencement remonte à 1847, prouvent que l'oxygène seul parmi tous les gaz, tend, comme le fer, à une position Nord-Sud, mais que par la dilatation et l'élévation de temperature il perd de cette force paramagnétique. Comme la tendance diamagnétique des autres éléments de l'atmosphère, de l'azote et de l'acide carbonique, n'est modifiée ni par l'augmentation de volume ni par l'élévation de température, on n'a à considérer que l'enveloppe d'oxygène qui entoure le globe comme une sphère de tôle immense, et en subit l'influence magnétique. L'hémisphère tourné vers le Soleil sera donc moins paramagnétique que l'hémisphère opposé; et comme les limites qui séparent ces deux moitiés changent constamment par la rotation du globe et sa révolution autour du Soleil, Faraday est porté à voir dans ces rapports de température la cause d'une partie des variations du magnétisme terrestre à la surface du globe. L'assimilation, fondée sur une série d'expériences, d'un gaz unique, l'oxygène, avec le fer, est une des découvertes considérables de notre époque, d'autant plus que probablement l'oxygène équivaut environ à la moitié de toutes les substances pondérables, répandues dans les parties accessibles du globe ([27]). Ainsi, sans qu'il soit nécessaire de supposer des pôles magnétiques dans le Soleil, non plus que des forces magnétiques particulières dans les rayons qui en émanent, le corps central de notre

système planétaire peut, en raison de sa puissance comme source de chaleur, exciter sur le globe terrestre une activité magnétique.

On a essayé de démontrer, au moyen d'observations météorologiques, embrassant plusieurs années, mais bornées à quelques stations, qu'une face du Soleil, celle par exemple qui était tournée vers la Terre le 1er janvier 1846, possède une plus grande puissance de calorique que la face opposée ([28]). Les résultats auxquels on est arrivé n'ont pas offert plus de certitude que les conclusions à l'aide desquelles on a prétendu déduire des anciennes observations de Maskelyne, à Greenwich, une diminution du diamètre solaire. La périodicité des taches du Soleil, ramenée par le Conseiller Schwabe, de Dessau, à des formules numériques, paraît mieux fondée. Aucun autre astronome vivant n'a pu consacrer à cet objet une attention aussi persévérante. Durant 24 années consécutives, Schwabe a souvent passé plus de 300 journées par an à explorer le disque du Soleil. Ses observations de 1844 à 1850 n'étant pas encore publiées, j'ai dû recourir à son amitié pour en avoir communication; il a en outre répondu à un certain nombre de questions que je lui avais posées. Je termine le chapitre de la Constitution Physique du Soleil, par l'extrait dont cet observateur éminent a bien voulu enrichir mon livre.

« Les nombres contenus dans la table suivante ne laissent aucun doute, au moins pour l'époque comprise entre 1826 et 1850, que les variations dans le nombre des taches solaires se reproduisent par période de 10 ans environ, de sorte que le maximum tombe dans les années 1828, 1837, 1848, le minimum en 1833 et 1843. Je n'ai point eu l'occasion (il ne faut point oublier que c'est Schwabe qui parle) de recueillir une suite continue d'observations plus anciennes; cependant je ne serais pas éloigné d'admettre que la durée de cette période puisse subir elle-même des variations ([29]).

ANNÉES	GROUPES DE TACHES	JOURS sans TACHES VISIBLES	NOMBRE des jours D'OBSERVATION
1826	118	22	277
1827	161	2	273
1828	225	0	282
1829	199	0	244
1830	190	1	217
1831	149	3	239
1832	84	49	270
1833	33	139	267
1834	51	120	273
1835	173	18	244
1836	272	0	200
1837	333	0	168
1838	282	0	202
1839	162	0	205
1840	152	3	263
1841	102	15	283
1842	68	64	307
1843	34	149	312
1844	52	111	321
1845	114	29	332
1846	157	1	314
1847	257	0	276
1848	330	0	278
1849	238	0	285
1850	186	2	308

» J'ai pu observer de grandes taches, visibles à l'œil nu, presque dans toutes les années où ne tombait pas le minimum ; les principales parurent en 1828, 1829, 1831, 1836, 1837, 1838, 1839, 1847, 1848. Je considère ici comme grandes taches celles qui embrassent au moins 50″ ; c'est seulement à cette limite qu'elles commencent à devenir visibles pour de bons yeux, sans le secours du télescope.

» Il n'est point douteux qu'il n'y ait d'étroits rapports entre les taches et la formation des facules. Souvent je vois apparaître des facules ou des lucules à l'endroit où une tache a disparu, comme aussi se développer de nouvelles taches dans les facules. Chaque tache est entourée de nua-

ges plus ou moins lumineux. Je ne crois pas que les taches aient une influence quelconque sur la température annuelle. Je note trois fois par jour la hauteur du baromètre et celle du thermomètre; les moyennes annuelles qui résultent de ces observations, ne laissent jusqu'à présent soupçonner aucun rapport sensible entre le climat et le nombre des taches. En admettant qu'en quelques cas cette coïncidence vînt à se montrer, elle n'aurait d'importance qu'à la condition de se reproduire sur beaucoup d'autres points de la terre. Si réellement il y avait lieu d'attribuer aux taches du Soleil la moindre influence sur l'état de notre atmosphère, il faudrait tout au plus conclure de mes tables que les années où les taches abondent comptent moins de jours sereins que les années où elles sont rares. (Schumacher's *Astron. Nachr.*, n° 638, p. 221.)

» William Herschel donnait le nom de facules aux sillons lumineux qui n'apparaissent qu'auprès des bords du Soleil et celui de lucules aux rides visibles seulement vers le centre (*Astron. Nachr.*, n° 350, p. 243). Je me suis convaincu que facules et luculus viennent des mêmes nuages lumineux pelotonnés, qui paraissent plus brillants vers les bords du Soleil, et sont au contraire, vers le milieu, moins éclatants que la surface générale. Je préfère donc donner à tous les endroits particulièrement brillants du disque solaire, le nom de nuages lumineux, en les divisant d'après leur forme, en nuages pelotonnés ou cumuliformes, et en nuages allongés ou cirriformes. Cette matière lumineuse est irrégulièrement distribuée sur le Soleil, et donne quelquefois à sa surface un aspect marbré. La même apparence se voit fréquemment sur les bords, et quelquefois jusqu'aux pôles. Cependant c'est toujours sur les deux zones de taches qu'elle se montre avec le plus d'intensité, aux époques mêmes où il n'existe point de taches; alors les deux zones, plus brillantes, ressemblent d'une manière frappante aux bandes de Jupiter.

» Les sillons obscurs qui se rencontrent entre les nuages lumineux de forme allongée sont les espaces mats, ap-

partenant à la surface générale du Soleil, dont l'aspect ressemble à un sable formé de grains égaux. Sur cette surface chagrinée on voit quelquefois de fort petits points gris, non pas noirs; ce sont les pores, qui eux-mêmes sont sillonnés de petites rides sombres extrêmement fines (*Astron. Nachr.*, n° 473, p. 286). Ces pores, lorsqu'ils sont groupés par masses, forment des espaces gris et nébuleux et en particulier les pénombres des taches solaires. Dans ces pénombres on voit des pores et des points noirs qui le plus souvent semblent rayonner du noyau jusqu'aux limites de la pénombre; c'est ce qui produit la similitude souvent si frappante que l'on remarque entre la forme des pénombres et celle des noyaux. »

L'explication et le rapprochement de ces phénomènes si variables n'auront acquis pour l'observation de la nature toute leur importance, que lorsque, sous les tropiques où le ciel demeure sans nuages pendant plusieurs mois, on aura pu, à l'aide d'un appareil photographique mû par une horloge, obtenir une suite non interrompue d'images des taches solaires ([50]). Les phénomènes météorologiques, qui se produisent dans les atmosphères dont le corps obscur du Soleil est enveloppé, déterminent les apparitions que nous appelons taches et facules. Probablement là aussi, comme dans la météorologie terrestre, les perturbations sont d'une nature si diverse et si compliquée, si générale à la fois et si locale, que des observations patientes et complètes pourront seules résoudre une partie des problèmes sur lesquels de nos jours encore il reste une grande obscurité.

II.

LES PLANÈTES

Il est nécessaire de faire précéder par quelques considérations générales sur les corps célestes la description de chaque corps céleste en particulier. Ces considérations d'ailleurs n'embrassent que les 22 planètes principales et les 21 lunes, planètes inférieures, ou satellites découverts jusqu'à ce jour. Elles ne s'étendent point à tous les corps célestes planétaires, parmi lesquels les comètes à elles seules présenteraient déjà un total dix fois plus considérable. En général la scintillation des planètes est faible, parce qu'elles ne font que réfléchir la lumière du Soleil, et aussi à cause de la grandeur apparente de leur disque (Voyez *Cosmos,* t. III, p. 60). Dans la lumière cendrée de la Lune, comme dans la lumière rouge qu'elle présente durant les éclipses et qui paraît beaucoup plus intense sous les tropiques, la lumière du Soleil a subi pour l'observateur placé sur la Terre un double changement de direction. J'ai eu déjà l'occasion de remarquer que la Terre est susceptible d'émettre une faible quantité de lumière propre, faculté commune d'ailleurs à d'autres planètes, ainsi que le prouvent certains phénomènes remarquables, observés de temps à autre sur la partie de Vénus non éclairée par le Soleil ([31]).

Nous considérerons les planètes sous le rapport de leur nombre, de l'ordre dans lequel elles ont été découvertes, de leur volume en lui-même et relativement à leur distance au Soleil, de leur densité, de leur masse, de la durée de leur rotation, de l'inclinaison de leur axe, de leur excentricité et de leurs différences caractéristiques, suivant qu'elles sont placées au delà ou en deçà de la zone des petites planètes. Pour tous ces objets, la nature de cet ouvrage nous fait un devoir d'attacher un soin particulier aux résultats numériques, et de choisir toujours ceux qui sont considérés, au moment même de la publication de ce volume, comme provenant des recherches les plus récentes et les plus dignes de confiance.

PLANÈTES PRINCIPALES

1° *Nombre des planètes principales et époque de leur découverte.* — Parmi les sept corps célestes qui, en raison des changements continuels apportés dans leurs distances relatives, ont été, dès la plus haute antiquité, distingués des étoiles scintillantes et conservant toujours sur le firmament leur place et leurs distances (orbis inerrans), cinq seulement: Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne offrent l'apparence d'étoiles (quinque stellæ errantes). Le Soleil et la Lune furent toujours mis à part en raison de la grandeur de leur disque et par suite de l'importance qui leur était attribuée dans les conceptions mythologiques ([32]). Ainsi d'après Diodore de Sicile (lib. II, cap. 30), les Chaldéens ne connaissaient que cinq planètes, et Platon, dans le seul passage du *Timée* où il soit question de ces corps errants, dit en termes exprès: « Autour de la Terre, qui repose au centre du monde, se meuvent la Lune, le Soleil et cinq autres astres auxquels on donne le nom de Planètes; cela fait en tout sept mouvements circulaires ([33]). » Dans la structure du Ciel imaginée jadis par Pythagore et décrite par Philolaüs, parmi les dix sphères célestes qui font leur révolution autour du feu central ou foyer du

monde (ἑστίαν), immédiatement au dessous du Ciel des étoiles fixes, sont nommées les cinq planètes ([34]), suivies du Soleil, de la Lune, de la Terre et de l'antipode de la terre (ἀντιχθών). Ptolémée lui-même ne parle jamais que de cinq planètes. Les sept planètes distribuées par Julius Firmicus entre les génies ou Décans ([35]), telles qu'on peut les voir dans le zodiaque de Bianchini, qui date vraisemblablement du IIIe siècle de notre ère ([36]), et dans les monuments égyptiens contemporains des Césars, n'appartiennent point à l'histoire de l'astronomie ancienne, mais à ces époques plus récentes où les rêveries astrologiques s'étaient répandues partout ([37]). Il n'y a pas lieu de s'étonner que la Lune ait été rangée parmi les sept planètes, car chez les anciens, si l'on excepte quelques vues remarquables d'Anaxagore sur les forces attractives (*Cosmos*, t. II, p. 265 et 440), il n'est presque jamais fait allusion à la dépendance plus directe de la Lune vis-à-vis de la Terre. En revanche, d'après une hypothèse citée par Vitruve ([38]) et Martien Capella ([39]), mais sans indication d'auteur, Vénus et Mercure, que nous appelons des planètes inférieures, sont présentés comme des satellites du Soleil, que l'on fait tourner autour de la Terre. Un pareil système ne peut pas plus être appelé égyptien qu'il ne peut être confondu avec les épicycles de Ptolémée ou avec les idées de Tycho sur la structure du monde ([40]).

Les dénominations sous lesquelles les cinq planètes stellaires sont désignées chez les anciens peuples sont ou des noms de divinités ou des épithètes distinctives, choisies d'après leur aspect. Il est d'autant plus difficile, sans autres sources que celles auxquelles nous avons pu puiser jusqu'à ce jour, de déterminer ce qui, dans ces dénominations, appartient originairement à la Chaldée ou à l'Égypte, que les écrivains grecs ne nous ont pas transmis fidèlement les noms primitifs en usage chez d'autres peuples, mais les ont traduits dans leur langue, ou se sont contentés d'équivalents pris un peu au hasard, selon leurs vues particulières. Quant à décider si les Chaldéens n'ont été que les di-

sciples heureux des Égyptiens, et à déterminer les découvertes pour lesquelles ils ont été devancés par eux ([41]), ce sont là des points qui touchent aux importants mais obscurs problèmes de la civilisation naissante, au premier développement scientifique de la pensée sur les bords du Nil ou de l'Euphrate. On connaît les noms égyptiens des 36 Décans; mais, pour ceux des planètes, un ou deux seulement nous sont parvenus ([42]).

Il est surprenant que Platon et Aristote ne désignent jamais les planètes que sous des noms mythologiques, qui sont aussi ceux dont se sert Diodore, tandis que plus tard, c'est-à-dire dans le traité *du Monde,* faussement attribué à Aristote, on trouve un mélange des deux dénominations: ainsi, Φαίνων pour Saturne, Στίλβων pour Mercure, Πυρόεις pour Mars ([43]). Des passages de Simplicius, dans son commentaire sur le IVe livre du traité *du Ciel* par Aristote, d'autres tirés de Hygin, de Diodore, de Théon de Smyrne prouvent, chose assez singulière! que Saturne, la plus reculée des planètes connues à cette époque, avait reçu le nom de *Soleil.* Ce fut sans doute sa situation et l'étendue de son orbite qui lui valurent d'être érigé en dominateur des autres planètes. Les dénominations descriptives, bien que très-anciennes et en partie d'origine chaldéenne, ne devinrent guère d'un usage fréquent chez les écrivains grecs et romains que sous le règne des Cesars, et lorsque l'astrologie commença à exercer son influence. Les signes des planètes, si l'on excepte le disque du Soleil et le croissant de la Lune gravés sur les monuments égyptiens, sont d'origine très-récente. D'après les recherches de Letronne, ils ne remontent pas au delà du xe siècle ([44]). On ne les trouve même pas sur les pierres revêtues d'inscriptions gnostiques. Des copistes les ont plus tard ajoutés à des manuscrits gnostiques et traitant d'alchimie, mais il est très-rare qu'ils aient fait cette surcharge sur les anciens manuscrits des astronomes grecs de Ptolémée, de Théon ou de Cléomède. Les premiers signes planétaires, qui pour Jupiter et Mars étaient formés de caractères alphabétiques, ainsi que l'a prouvé Saumaise

avec sa pénétration ordinaire, étaient très-différents des nôtres. Les figures actuelles remontent à peine au delà du xv[e] siècle. Une citation empruntée par Olympiodore à Proclus (*ad Timæum*, p. 14, édit. de Bâle) et un passage du Scoliaste de Pindare (*Isthmica*, carm. V, v. 2) établissent d'une manière incontestable que la coutume de consacrer certains métaux aux planètes faisait déjà partie du système des représentations symboliques en usage au v[e] siècle, chez les Néoplatoniciens d'Alexandrie. On peut lire à ce sujet le commentaire d'Olympiodore sur la Météorologie d'Aristote (lib. III, cap. 7, t. II, p. 163 dans l'édition de la Météorologie, publiée par Ideler. On peut consulter aussi deux passages du tome I, p. 199 et 251).

Si le nombre des planètes connues des anciens fut borné d'abord à cinq, ce qui fit sept plus tard, quand on y joignit les grands disques du Soleil et de la Lune, on conjecturait dès lors que, en dehors de ces planètes visibles, il y en avait d'autres moins lumineuses et que pour cette raison on ne pouvait apercevoir. Cette supposition est rapportée par Simplicius comme venant d'Aristote. « Il est vraisemblable, dit-il, que d'autres corps obscurs, se mouvant autour du centre commun, doivent, aussi bien que la Terre, occasionner des éclipses de Lune. » Artémidore d'Éphèse, que Strabon cite souvent comme un géographe, croyait à l'existence d'une quantité innombrable de ces corps obscurs, tournant autour du Soleil. L'ancienne conception idéale des Pythagoriciens, l'ἀντίχθων, reste en dehors de ces conjectures. La Terre et le pendant de la Terre ont un mouvement parallèle et concentrique. Cette ἀντίχθων, imaginée pour épargner à la Terre son mouvement de rotation sur elle-même, n'est, à vrai dire, que la moitié de la Terre, l'hémisphère opposé à celui que nous habitons (45).

Si du nombre total des planètes et des satellites connus aujourd'hui, nombre six fois égal à celui des corps planétaires connus dans l'antiquité, on met à part les 36 objets découverts depuis l'invention du télescope, pour les ranger d'après l'ordre de leur découverte, on trouve que le xvii[e] siè-

cle en a fourni 9; le XVIIIe, 9 également; la première moitié du XIXe, 18 à elle seule.

Table chronologique des corps planétaires découverts depuis l'invention du télescope, en 1608.

XVIIe SIÈCLE

Quatre satellites de Jupiter, découverts par Simon Marius à Ansbach, le 29 décembre 1609: par Galilée, à Padoue, le 7 janvier 1610.

Triplicité de Saturne, signalée par Galilée en novembre 1610; les deux anses reconnues par Hévélius en 1656; découverte définitive de la véritable forme de l'Anneau, par Huygens, le 17 décembre 1657.

6e satellite de Saturne (Titan), Huygens, 25 mars 1655.

8e satellite de Saturne (Japhet), Dominique Cassini, octobre 1671.

5e satellite de Saturne (Rhéa), Cassini, 23 décembre 1672.

3e et 4e satellite de Saturne (Téthys et Dioné), Cassini, fin de mars 1684.

XVIIIe SIÈCLE

Uranus, W. Herschel, à Bath, 13 mars 1781.

2e et 4e satellite d'Uranus, W. Herschel, 11 janvier 1787.

1er satellite de Saturne (Mimas), W. Herschel, 28 août 1789.

2e satellite de Saturne (Encélade), W. Herschel, 17 septembre 1789.

1er satellite d'Uranus, W. Herschel, 18 janvier 1790.

5e satellite d'Uranus, W. Herschel, 9 février 1790.

6e satellite d'Uranus, W. Herschel, 28 février 1794.

3e satellite d'Uranus, W. Herschel, 26 mars 1794.

XIXe SIÈCLE.

Cérès *, Piazzi, à Palerme, 1er janvier 1801.

Pallas *, Olbers, à Brême, 28 mars 1802.

Junon *, Harding, à Lilienthal, 1er septembre 1804.

Vesta *, Olbers, à Brême, 29 mars 1807.

(Un intervalle de 38 années s'écoule sans amener aucune découverte de planètes ni de satellites).

Astrée *, Hencke, à Driesen, 8 décembre 1845.

NEPTUNE, Galle, à Berlin, sur les indications de Leverrier, 23 septembre 1846.

1er satellite de Neptune, W. Lassell, à Starfield, près de Liverpool, novembre 1846; Bond, à Cambridge (États-Unis).

HÉBÉ *, Hencke, à Driesen, 1er juillet 1847.

IRIS *, Hind, à Londres, 13 août 1847.

FLORE *, Hind, à Londres, 18 octobre 1847.

MÉTIS *, Graham, à Markrée-Castle, 25 avril 1848.

7e satellite de Saturne (Hypérion), Bond, à Cambridge (États-Unis), du 16 au 19 septembre 1848; Lassell, à Liverpool, du 19 au 20 septembre 1848.

HYGIE *, de Gasparis, à Naples, 11 mai 1850.

2e satellite de Neptune, Lassell, à Liverpool, 14 août 1850.

VICTORIA *, Hind, à Londres, 13 septembre 1850.

ÉGÉRIE *, de Gasparis, à Naples, 2 novembre 1850.

IRÈNE *, Hind, à Londres, 19 mai 1851; de Gasparis, à Naples, 23 mai 1851.

On a distingué, dans ce tableau, les planètes principales des satellites par des lettres majuscules ([46]). On a marqué aussi d'un astérisque les planètes habituellement désignées sous le nom de petites planètes, de planètes télescopiques ou d'astéroïdes, qui forment un groupe particulier et comme une chaîne immense de 25 millions de myriamètres entre Mars et Jupiter. De ces planètes, quatre ont été découvertes dans les sept premières années de ce siècle, dix dans les six années qui viennent de s'écouler; ce qui doit être moins attribué à la perfection des instruments qu'à l'habileté des observateurs, et surtout à l'excellence des cartes célestes, enrichies des étoiles fixes de 9e et de 10e grandeur. Tous les corps immobiles dont la place est marquée rendent d'autant plus facile aujourd'hui de reconnaître les corps mobiles (Voyez plus haut, p. 94). Aussi le nombre des planètes a-t-il doublé, depuis que le premier volume du *Cosmos* a paru ([47]); tant les découvertes se sont succédé rapidement, tant la topographie de notre système planétaire s'est agrandie et perfectionnée.

2° *Division des planètes en deux groupes.* — Si l'on considère la région des petites planètes, situées entre les or-

bites de Mars et de Jupiter, mais plus rapprochées en général de celle de Mars que de celle de Jupiter, comme un groupe intermédiaire, et une zone de séparation, les planètes les plus voisines du Soleil, et que l'on peut appeler intérieures, c'est-à-dire Mercure, Vénus, la Terre et Mars, offrent entre elles des rapports de ressemblance qui forment autant de contrastes avec les planètes extérieures, ou situées au delà de la zone de séparation: Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Le groupe intermédiaire des petites planètes remplit à peine la moitié de la distance entre l'orbite de Mars et celle de Jupiter. Dans l'espace qui sépare ces deux planètes, la partie la plus voisine de Mars est celle qui jusqu'à ce jour a été trouvée le plus remplie. Si en effet on considère les deux points extrêmes, Flore et Hygie, la distance de Jupiter à Hygie est plus que triple de celle qui sépare Mars de Flore. Ce groupe intermédiaire se distingue nettement par l'excentricité et l'inclinaison de ses orbites, entrelacées, les unes dans les autres, et par la petitesse des corps planétaires qui le composent. L'inclinaison de l'orbite sur le plan de l'écliptique est dans Junon de 13° 3′, dans Hébé de 14° 47′, dans Égérie de 16° 33′; elle s'élève dans Pallas jusqu'à 34° 37′, mais redescend, il est vrai, dans Astrée à 5° 19′, dans Parthénope à 4° 37′, et dans Hygie à 3° 47′. Les planètes dans lesquelles l'inclinaison sur l'écliptique est moindre de 7° sont par ordre de grandeur, en commençant par les plus grandes, Flore, Métis, Iris, Astrée, Parthénope et Hygie. Il n'est pas une de ces planètes cependant dont l'inclinaison égale en petitesse celle de Vénus, de Saturne, de Mars, de Neptune, de Jupiter et d'Uranus. Dans quelques-unes des petites planètes, l'excentricité de l'ellipse dépasse celle de Mercure (0,206); telles sont Junon (0,255), Pallas (0,239), Iris (0,232) et Victoria (0,218). Dans quelques autres, au contraire, l'excentricité est moindre que celle de Mars (0,093), sans que cependant leur orbite atteigne le cercle presque parfait de Jupiter, de Saturne et d'Uranus: de ce nombre sont Cérès (0,076), Égérie (0,086) et Vesta (0,089). Le diamètre des planètes

télescopiques échappe presque à toute mesure par sa petitesse. D'après les observations de Lamont à Munich, et celles que Mædler a faites avec le réfracteur de Dorpat, il est vraisemblable que le diamètre de la plus grande d'entre elles atteint à peine 107 myriamètres; c'est 1/5 du diamètre de Mercure et la moitié de celui de la terre.

Les quatre planètes intérieures, que nous nommons ainsi parce qu'elles sont situées plus près du Soleil et en deçà de la zone des astéroïdes, sont toutes de grandeur moyenne; elles sont relativement plus denses; leur mouvement de rotation est à peu près uniforme, et ne dure pas moins de 24 heures; elles sont moins aplaties, et, à l'exception de la Terre, sont dépourvues de satellites. Au contraire, les quatre planètes extérieures, situées entre la zone des astéroïdes et les extrémités encore inconnues du domaine solaire, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, sont beaucoup plus grandes et cinq fois moins denses; leur mouvement de rotation sur elles-mêmes est beaucoup plus rapide, leur aplatissement plus sensible; elles ont vingt satellites. Les planètes intérieures sont toutes plus petites que la Terre; le diamètre de Mars est égal à 1/2, celui de Mercure à 2/5 seulement de celui de la Terre: tandis que, dans les planètes extérieures, le rapport des diamètres à celui de la Terre s'élève de 4,2 à 11,2. La densité de Vénus et celle de Mars égalent celle de la Terre, à moins de 1/10 près; celle de Mercure est un peu supérieure. Au contraire, la densité d'aucune des planètes extérieures ne dépasse 1/4 de celle de la Terre; celle de Saturne peut être représentée par 1/7; ce n'est guère que la moitié de la densité des autres planètes extérieures et de celle du Soleil. En outre les planètes extérieures présentent des atmosphères qui, par le caractère particulier de leur condensation, nous apparaissent variables, et produisent même quelquefois sur la surface de Saturne des bandes interrompues. Enfin c'est parmi ces planètes que se rencontre le phénomène, unique dans tout le système solaire, d'un anneau solide entourant, sans y adhérer, la plus considérable d'entre elles.

Bien qu'en général, dans cette importante division des planètes extérieures et des planètes intérieures, la grandeur absolue, la densité, l'aplatissement, la vitesse de la rotation, l'existence et la non-existence de satellites semblent dépendre de leur distance au Soleil, ou, en d'autres termes, du demi-grand axe de leur orbite, on n'est point en droit d'affirmer cette dépendance pour chacun des membres particuliers qui composent ces groupes. Nous ne connaissons jusqu'ici, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, aucun mécanisme intérieur, aucune loi naturelle, semblable, par exemple, à la belle loi en vertu de laquelle les carrés des révolutions sont entre eux comme les cubes des grands axes, qui fasse dépendre pour toute la série des planètes la densité, le volume, etc., de leur distance au Soleil. Il est vrai que la planète la plus voisine du Soleil, Mercure, est en même temps la plus dense, puisqu'elle l'est six ou huit fois plus que toutes les autres planètes extérieures, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune; mais Vénus, la Terre et Mars, d'une part, de l'autre, Jupiter, Saturne et Uranus sont loin de se suivre régulièrement dans l'ordre de leur densité. En général aussi, les grandeurs absolues croissent avec les distances, ainsi que le remarquait déjà Képler (*Harmonice Mundi*, lib. V, cap. 4, p. 194; voyez aussi le *Cosmos*, t. I, p. 327); cela cependant cesse d'être vrai, dès que l'on considère chaque planète en particulier. Mars est plus petit que la Terre, Uranus plus petit que Saturne, Saturne plus petit que Jupiter, et Jupiter lui-même est précédé par un essaim de planètes que leur petitesse permet à peine de mesurer. La durée de la rotation croît également, pour le plus grand nombre des planètes, en raison de leur distance au Soleil; cependant ce mouvement est plus rapide dans la Terre que dans Mars, dans Jupiter que dans Saturne.

Il ne faut, je le répète, considérer la constitution et les formes des corps, en déterminant leur situation relative dans l'espace, que comme des faits ayant une existence réelle, non comme les conséquences de raisonnements abstraits ou comme une série d'effets dont les causes seraient

connues à l'avance. On n'a pas plus découvert de loi générale applicable aux espaces célestes que l'on n'en a trouvé pour déterminer, sur la terre, la situation géographique des points culminants dans les chaînes de montagnes, ou les contours de chaque continent. Ce sont là des faits de l'ordre naturel, produits par le conflit de forces tangentielles et attractives, qui s'exercent sous des conditions multiples et inconnues. Nous entrons ici, avec une curiosité mal satisfaite, dans le domaine obscur des questions de formation et de développement. Il s'agit, pour prendre dans leur sens propre ces mots trop souvent mal appliqués, d'événements cosmiques accomplis durant des périodes de temps dont la mesure nous échappe. Les planètes ont-elles été formées par des anneaux errants de matière vaporeuse, dans ce cas, la matière en s'agglomérant autour de certains points où l'attraction était plus puissante, dut traverser une suite indéfinie d'états divers, pour arriver à former des orbites simples et des orbites entrelacées, à produire des planètes si différentes par leur volume, leur aplatissement et leur densité, pour donner aux unes un grand nombre de satellites, tandis que les autres en sont dépourvues, et pour unir même ces satellites en un anneau solide. La forme actuelle des objets et la détermination exacte de leurs rapports n'ont pu nous révéler jusqu'ici les états par lesquels ils ont dû passer, non plus que les conditions sous lesquelles ils ont pris naissance. Ce n'est point une raison pour appeler ces conditions fortuites, mot que les hommes prodiguent trop volontiers, à propos de toutes les choses dont ils ne peuvent encore s'expliquer clairement l'origine.

3° *Grandeur absolue et grandeur apparente, configuration.* — Le diamètre de la plus grande de toutes les planètes, de Jupiter, est 30 fois plus grand que celui de Mercure, la plus petite de celles dont on peut sûrement déterminer le disque. Il est près de 11 fois égal au diamètre de la Terre ; ce rapport est à peu près celui qui existe entre le Soleil et Jupiter, dont les deux diamètres sont entre eux comme 10 est à 1. D'après un calcul dont on ne peut ga-

rantir l'exactitude, la différence de volume entre les pierres météoriques, que l'on est tenté de prendre pour de petits corps planétaires, et Vesta, dont le diamètre, suivant les mesures de Mædler, est de 49 myriamètres et en a par conséquent 59 de moins que celui de Pallas, d'après Lamont, ne serait pas plus considérable que la différence de volume entre Vesta et le Soleil. Il faudrait, pour que ce rapport fût vrai, que certaines pierres météoriques eussent 317 pieds de diamètre. Il est vrai que l'on a vu des météores ignés, dont le diamètre, avant l'explosion, n'en avait pas moins de 2600.

Si l'on compare la Terre avec les planètes extérieures, Jupiter et Saturne, on est frappé de la dépendance qui se manifeste entre l'aplatissement des pôles et la vitesse de la rotation. Le mouvement de rotation de la Terre s'accomplit en 23^h 56′, l'aplatissement est de 1/300. La rotation de Jupiter s'accomplit en 9^h 55′, l'aplatissement est de 1/17 d'après Arago, de 1/15 d'après John Herschel. La rotation de Saturne s'accomplit en 10^h 29′, l'aplatissement est de 1/10. Mais bien que Mars mette 41 minutes de plus que la Terre à tourner sur lui-même, son aplatissement, même en adoptant un résultat beaucoup plus faible que celui auquel est arrivé William Herschel, reste vraisemblablement beaucoup plus considérable. La raison de cette infraction à la loi, en vertu de laquelle la configuration superficielle d'un sphéroïde elliptique dépend de la vitesse de la rotation, tient-elle à la différence de la loi qui, dans les deux planètes, règle l'ordre des densités, en allant de la surface au centre, ou à cette circonstance que la surface liquide de quelques planètes s'est solidifiée, avant qu'elles aient pu prendre une forme en harmonie avec la vitesse de leur rotation? De l'aplatissement de notre planète dépendent, ainsi que le démontre l'astronomie théorique, la rétrogradation des points équinoxiaux, la nutation ou libration de l'axe terrestre et le changement d'obliquité de l'écliptique.

La grandeur absolue, c'est-à-dire la grandeur vraie des planètes, et leur distance à la Terre déterminent leur dia-

mètre apparent. Le tableau suivant présente les planètes rangées d'après leur grandeur vraie, en commençant par les plus petites :

1° Groupe de petites planètes à orbites entrelacées, dont les plus grandes paraissent être Pallas et Vesta.
2° Mercure.
3° Mars.
4° Vénus.
5° La Terre.
6° Neptune.
7° Uranus.
8° Saturne.
9° Jupiter.

A une distance moyenne de la Terre, Jupiter a un diamètre équatorial apparent de 38″, 4; dans les mêmes circonstances, le diamètre de Vénus, qui égale à peu près la Terre en grosseur, n'est que de 16″, 9; celui de Mars est de 5″, 8. Mais dans la conjonction inférieure, le diamètre apparent de Vénus augmente jusqu'à 62″, tandis que celui de Jupiter ne s'élève pas, en opposition, au dela de 46″. Il est nécessaire de rappeler ici que le lieu de l'orbite de Vénus où cette planète paraît le plus brillante, tombe entre la conjonction inférieure et la plus grande digression. En moyenne, Vénus paraît le plus brillante, au point de répandre de l'ombre en l'absence du Soleil, lorsqu'elle est à 40° à l'Est ou à l'Ouest du corps central. Dans cette position, son diamètre apparent n'est que de 40″, et la plus grande largeur de la phase éclairée est à peine de 10″.

Diamètre apparent des sept grandes planètes.

Mercure	à distance	moyenne	6″,7	(oscille de 4″,4 à 12″)
Vénus	—	—	16″,9	(oscille de 9″,5 à 62″)
Mars	—	—	5″,8	(oscille de 3″,3 à 23″)
Jupiter	—	—	38″,4	(oscille de 30″ à 46″)
Saturne	—	—	17″,1	(oscille de 15″ à 20″)
Uranus	—	—	3″,9	
Neptune	—	—	2″,7	

Volume des planètes comparé à celui de la Terre.

Mercure	comme	1 :	16,7
Vénus	—	1 :	1,05
La Terre	—	1 :	1
Mars	—	1 :	7,14
Jupiter	—	1414 :	1
Saturne	—	755 :	1
Uranus	—	82 :	1
Neptune	—	108 :	1

Le volume du Soleil est à celui de la Terre comme 1 407 100 : 1.

Toutes les erreurs qui peuvent se glisser dans la mesure des diamètres se retrouvent élevées au cube dans les chiffres qui représentent les volumes.

Les planètes dont le mouvement répand de la variété et de la vie sur l'aspect du ciel étoilé agissent en même temps sur nous par la grandeur de leur disque et par leur proximité, par la couleur de leur lumière, par la scintillation qui, en certains cas, n'est pas étrangère à quelques-unes d'entre elles, par la façon particulière dont leurs diverses surfaces reflètent la lumière du Soleil. Quant à savoir si la nature et l'intensité de cette lumière peuvent être modifiées par le dégagement d'une faible quantité de lumière propre, c'est là un problème qui reste encore à résoudre.

4° *Ordre des planètes d'après la distance qui les sépare du Soleil.* — Afin que l'on puisse embrasser dans son ensemble tout ce que l'on connaît actuellement de notre système planétaire, et se représenter les distances moyennes qui séparent les différentes planètes du Soleil, j'ai tracé le tableau suivant, dans lequel, ainsi que cela est consacré en astronomie, j'ai pris pour unité la distance moyenne de la Terre au Soleil, qui est de 15 347 000 myriamètres. J'ajouterai plus tard, lorsque je traiterai plus en détail de chacune des planètes, leurs distances à l'aphélie et au périhélie, c'est-à-dire aux deux moments où ces planètes, en

décrivant l'ellipse dont le Soleil occupe le foyer, se trouvent, sur la ligne des apsides, au point le plus éloigné et au point le plus voisin du foyer. Par la distance moyenne, la seule dont il s'agisse actuellement, il faut entendre une moyenne entre la plus grande et la plus petite distance, c'est-à-dire le demi grand axe de l'orbite planétaire. Les résultats numériques, ici, comme dans ce qui précède et dans ce qui suit, sont empruntés pour la plupart au relevé publié par Hansen, dans l'*Annuaire* de Schumacher pour 1837. Lorsqu'il s'agit de résultats susceptibles de varier avec le temps, il faut se référer, pour les grandes planètes, à l'année 1800, excepté pour Neptune, où il est nécessaire de redescendre jusqu'en 1851. J'ai même mis à profit l'*Annuaire astronomique* de Berlin pour 1853. Je dois les détails concernant les petites planètes à l'amitié du docteur Galle; tous sont relatifs à des époques très-récentes.

Distances des planètes au Soleil.

Mercure	0,38709
Vénus	0,72333
La Terre	1,00000
Mars	1,52369

Petites planètes.

Flore	2,202
Victoria	2,335
Vesta	2.362
Iris	2.385
Métis	2.386
Hébé	2,425
Parthénope	2,448
Irène	2,553
Astrée	2,577
Égérie	2,579
Junon	2,669
Cérès	2.768
Pallas	2,773
Hygie	3,151

Jupiter	5,20277
Saturne	9,53885
Uranus	19,18239
Neptune	30,03628

Le seul fait de la diminution rapide qui, de Saturne et de Jupiter à Mars et à Vénus, se fait sentir dans la durée des révolutions, fit conjecturer de bonne heure, lorsqu'on adopta l'hypothèse de sphères mobiles auxquelles étaient fixées les planètes, que ces sphères devaient être situées à distance les unes des autres. Mais comme on ne saurait trouver chez les Grecs aucune trace d'observations ni de mesures méthodiques avant Aristarque de Samos et l'établissement du musée d'Alexandrie, il s'ensuit qu'il dut y avoir de grandes divergences dans les hypothèses sur l'ordre des planètes et leurs distances relatives, soit que l'on calculât ces distances à partir de la Terre immobile au milieu des planètes, suivant l'opinion dominante, soit qu'avec les Pythagoriciens on prît pour point fixe le Soleil, foyer du monde (ἑστία). On avait surtout des doutes sur la position relative du Soleil vis-à-vis des planètes inférieures et de la Lune ([48]). Les Pythagoriciens, pour lesquels les nombres étaient la source de toute connaissance et l'essence même des choses, appliquaient la théorie universelle des proportions numériques à la considération géométrique des cinq corps réguliers dont on avait de bonne heure découvert les propriétés, aux intervalles musicaux des tons qui forment les accords d'où naît l'harmonie, et même à la structure de l'univers. Ils pensaient que les planètes mettent en mouvement par leurs vibrations les ondulations sonores, selon les rapports harmonieux des intervalles qui les séparent, et produisent ce qu'ils appelaient la musique des sphères. « Cette musique, ajoutaient-ils, serait perceptible aux oreilles des hommes, si elle ne leur échappait en raison de sa perpétuité même, et parce que les hommes y sont habitués dès l'enfance ([49]). » La partie harmonieuse de la théorie pythagoricienne des nombres se rattachait ainsi à la représentation figurée du Cosmos, com-

me on peut le voir, en lisant l'exposition fidèle qu'en fait Platon dans le *Timée;* car la cosmogonie est, aux yeux de Platon, l'œuvre des principes opposés de la nature, réconciliés par l'armonie [50]. Platon, dans un tableau plein de grâce, tente de rendre sensible le concert harmonieux du monde, en plaçant sur les cercles planétaires autant de Sirènes qui, accompagnées par les trois Parques, filles de la Nécessité, entretiennent l'éternel mouvement du fuseau céleste [51]. Cette représentation des Sirènes, dont les Muses prennent quelquefois la place dans le concert divin, se retrouve sur beaucoup de monuments antiques, particulièrement sur des pierres gravées. Dans l'antiquité chrétienne comme dans le moyen âge, depuis saint Basile jusqu'à saint Thomas d'Aquin et à Pierre d'Ailly, il est souvent fait allusion à l'harmonie des sphères, mais le plus ordinairement en termes qui marquent le dissentiment de l'écrivain [52].

A la fin du xvie siècle, les vues de Pythagore et de Platon sur la structure du monde se réveillèrent dans la vive imagination de Képler. Comme eux il appela à son aide la géométrie et la musique, et construisit le système planétaire, d'abord dans son *Mysterium cosmographicum*, en prenant pour base les cinq corps réguliers qui peuvent être circonscrits aux sphères des planètes, puis dans l'*Harmonice mundi*, d'après les intervalles des notes musicales [53]. Convaincu que les distances relatives des planètes sont soumises à une loi, il comptait résoudre le problème par la combinaison de ses premières vues avec celles qu'il avait adoptées plus tard. Il est assez singulier que Tycho, que l'on voit toujours d'ailleurs si fermement attaché au principe de l'observation réelle, ait déjà, avant Képler, exprimé cette opinion, contre laquelle protesta Rothmann, que l'air du ciel, ce que nous appelons le milieu résistant, ébranlé par le mouvement des corps célestes, produit des sons harmonieux [54]. Au reste, les analogies entre les rapports des sons et les distances des planètes, dont Képler suivit si longtemps et si laborieusement la trace, ne me

paraissent pas avoir jamais été, pour ce grand esprit, autre chose que des abstractions. A la vérité, il se réjouit, pour la plus grande gloire du Créateur, d'avoir découvert dans les relations de l'espace des relations numériques. Comme entraîné par une sorte d'enthousiasme poétique, il fait jouer Vénus avec la Terre en majeur (Dur) à l'aphélie, en mineur (Moll) au périhélie ; il dit que les tons les plus élevés de Jupiter et de Vénus doivent, en s'unissant, former un accord en mineur. Mais ces expressions, malgré leur retour fréquent, ne doivent être prises que dans un sens figuré, et elles n'empêchent pas Képler de dire expressément : « Jam soni in cœlo nulli existunt, nec tam turbulentus est motus, ut ex attritu *auræ cœlestis* eliciatur stridor » (*Harmonice mundi*, lib. V, cap. 4). Dans ce passage, comme dans ceux auxquels nous avons fait allusion plus haut, il est bien réellement question de l'air subtil et serein qui remplit le monde (aura cœlestis).

La comparaison des intervalles qui séparent les planètes avec les corps réguliers qui doivent remplir ces intervalles, avait encouragé Képler à étendre ses hypothèses au ciel des étoiles fixes ([55]). Lors de la découverte de Cérès et des autres planètes, les combinaisons pythagoriciennes de Képler se représentèrent vivement à la mémoire. On se rappela surtout ce passage, à peu près oublié jusque-là, où il annonce comme vraisemblable l'existence d'une planète encore inconnue dans le vaste espace qui sépare Mars de Jupiter : « Motus semper distantiam suam sequi videtur ; atque ubi magnus hiatus erat inter orbes, erat et inter motus. » « Je suis devenu plus hardi, écrit Képler dans son Introduction au *Mysterium cosmographicum*, et je place entre Jupiter et Mars une nouvelle planète, comme j'en place une autre entre Vénus et Mercure. » Cette seconde supposition était moins heureuse et est demeurée longtemps inaperçue ([56]). « Il est vraisemblable, ajoute Képler, que l'une et l'autre de ces planètes ont échappé à l'observation à cause de leur petitesse ([57]). » Plus tard Képler trouva qu'il n'avait pas besoin de ces nouvelles planètes

pour composer le système solaire d'après les propriétés de ses cinq polyèdres réguliers ; il se contenta de faire un peu violence aux distances des anciennes planètes : « Non reperies novos et incognitos Planetas, ut paulo antea interpositos, non ea mihi probatur audacia ; sed illos veteres parum admodum luxatos » (*Mysterium cosmographicum*, p. 10). Les tendances spéculatives de Képler avaient tant d'analogie avec celles de Pythagore et plus encore avec les vues développées dans le *Timée* de Platon, qu'à l'exemple de ce philosophe, qui trouvait dans les sept sphères planétaires les différences des couleurs aussi bien que celles des sons (*Cratyle*, p. 409), Képler fit aussi des expériences pour reproduire sur une table diversement éclairée les couleurs des planètes (*Astron. Opt.*, cap. 6, p. 26). Au reste Newton, ce grand esprit toujours si rigoureux dans ses raisonnements, n'était pas éloigné : ainsi que l'a déjà remarqué Prévost (*Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour 1802, p. 77 et 93), de ramener à l'échelle diatonique la dimension des sept couleurs du spectre solaire ([58]).

Ces hypothèses, touchant des parties encore inconnues de notre système planétaire, me remettent en mémoire cette opinion de l'antiquité grecque : qu'il existait plus de cinq planètes ; que l'on n'en avait pas, à la vérité, observé davantage, mais que beaucoup d'autres étaient restées invisibles à cause de leur situation et du peu d'éclat de leur lumière. Cette conjecture était surtout attribuée à Artémidore d'Éphèse ([59]). Une autre croyance qui prit aussi naissance dans l'ancienne Grèce, peut-être même en Égypte, c'est que tous les corps célestes actuellement visibles ne l'ont pas toujours été. A cette légende physique ou plutôt historique se rattache la forme particulière sous laquelle certaines races exprimaient la prétention de remonter à une haute antiquité. Ainsi les Pélages, qui habitaient l'Arcadie avant les Hellènes, s'appelaient Προσέληνοι, parce qu'ils se vantaient d'avoir pris possession de leur pays, avant que la Lune n'escortât la Terre. Être antérieur aux Hellènes, c'était être antérieur à la Lune. L'apparition d'un astre

nouveau était décrite comme un événement céleste, de même que le déluge de Deucalion était un événement terrestre. Apulée étendait cette inondation jusqu'aux montagnes de la Gétulie, dans le Nord de l'Afrique (*Apologia*, t. II, p. 494. Voyez aussi le *Cosmos*, t. II, p. 382, note 55). Chez Apollonius de Rhodes (lib. IV, v. 264), qui, suivant la mode des Alexandrins, remontait volontiers aux antiques traditions, il est question de l'établissement des Égyptiens dans la vallée du Nil: « Alors, dit-il, tous les astres ne décrivaient pas encore leur orbite dans le ciel. On n'avait pas encore entendu parler de la race sacrée de Danaüs ([60]). » Ce curieux passage aide à mieux comprendre les prétentions des Arcadiens-Pélages.

Je termine ces considérations sur l'ordre et les distances des planètes, en énonçant une loi qui, à la vérité, ne mérite pas ce nom, que Lalande et Delambre appellent un jeu de chiffres, que d'autres nomment un expédient de mnémonique. Quelle qu'elle soit, elle a beaucoup occupé notre savant astronome Bode, surtout à l'époque ou Piazzi découvrit la petite planète Cérès, découverte à laquelle d'ailleurs Piazzi ne fut nullement conduit par cette loi, mais qui fut bien plutôt occasionnée par une faute typographique dans le catalogue d'étoiles de Wollaston. Si l'on voulait considérer cette découverte comme l'accomplissement d'une prédiction, il ne faudrait pas oublier que la prédiction, ainsi qu'on l'a remarqué déjà, remonte jusqu'à Képler, c'est-à-dire un siècle et demi au delà de Titius et de Bode. Bien que Bode, dans la seconde édition de l'ouvrage si utile et si populaire, intitulé: *Introduction à la connaissance du ciel étoilé,* ait déclaré très-expressément qu'il empruntait la loi des distances à une traduction de la *Contemplation de la Nature* de Bonnet, publiée à Wittenberg par le professeur Titius, cette loi cependant a été citée le plus souvent sous son nom et rarement sous celui de Titius. Elle est formulée dans une note jointe par Titius au chapitre de Bonnet sur la structure du monde. Après l'énoncé de la loi, on lit ([61]): « Si l'on suppose divisée en 100 par-

ties la distance du Soleil à Saturne, 4 de ces parties seront comprises entre Mercure et le Soleil, la distance de Vénus au Soleil en comprendra 4 + 3 = 7, celle de la Terre 4 + 6 = 10, celle de Mars 4 + 12 = 16. Mais de Mars à Jupiter cette progression si exacte est troublée. Si l'on compte à partir de Mars 4 + 24 = 28 de ces parties, on ne trouve ni planète principale ni satellite. Le Créateur aurait-il donc laissé un espace vide? Il n'est point douteux que cet espace n'appartienne aux satellites de Mars, que l'on n'a point encore découverts, à moins que Jupiter n'ait lui-même un plus grand nombre de satellites que le télescope n'en a révélé jusqu'à ce jour. En franchissant cet espace inconnu quant aux corps qui le remplissent, on trouve, progression admirable! que la distance de Jupiter au Soleil peut être représentée par 4 + 48 = 52, et enfin celle de Saturne par 4 + 96 = 100. » Ainsi Titius était disposé à remplir l'espace qui s'étend entre Mars et Jupiter, non pas avec un seul corps céleste, mais avec plusieurs, comme cela est en effet dans la réalité; seulement il supposait que ces corps étaient des satellites et non des planètes.

Nulle part le traducteur et commentateur de Bonnet n'a pris soin de dire ce qui l'a conduit au chiffre 4 pour l'orbite de Mercure. Peut-être n'a-t-il fait ce choix qu'afin d'avoir exactement pour Saturne, réputé alors la plus éloignée de toutes les planètes et dont la distance est de 9,5, par conséquent très-près de 10,0, le nombre 100, en combinant le chiffre 4 avec les nombres 96, 48, 24, etc., qui forment une progression régulière. Cela est plus vraisemblable que de supposer qu'il ait établi la série en commençant par les planètes les plus rapprochées. Déjà dans le XVIIIe siècle, on ne pouvait plus espérer de concilier avec les distances connues une semblable progression en prenant pour point de départ non pas même le Soleil, mais seulement Mercure; les notions étaient déjà trop précises. En réalité, les distances qui séparent Jupiter, Saturne et Uranus, sont à très-peu de chose près d'accord avec cette proportion, mais la découverte de Neptune, beaucoup trop rapprochée d'U-

ranus, est venue de nouveau lui donner un grave démenti (62).

La loi qui porte le nom du vicaire Wurm de Léonberg, et que l'on distingue quelquefois de la loi de Titius et de Bode, est une simple correction apportée à la distance solaire de Mercure et à la différence des distances de Mercure et de Vénus. Wurm, plus voisin en cela de la vérité, exprime la distance solaire de Mercure par 387, celle de Vénus par 680, celle de la Terre par 1000 (63). A l'occasion de la découverte de Pallas, Gauss, dans une lettre adressée à Zach, au mois d'octobre 1802, fait justice de la prétendue loi des distances. Voici en quels termes il s'exprime: « Contrairement à toutes les vérités absolues qui seules méritent le nom de loi, la loi de Titius ne s'applique à la plupart des planètes que d'une manière très-superficielle et très-vague, et, ce que l'on ne paraît pas encore avoir remarqué, elle ne s'applique en aucune façon à Mercure. Il est clair que la série des nombres 4, 4 + 3, 4 + 6, 4 + 12, 4 + 24, 4 + 48, 4 + 96, 4 + 192 qui sont censés exprimer les distances solaires ne forment pas le moins du monde une progression continue. Pour cela il faudrait que le terme qui précède 4 + 3 fût non pas 4, c'est-à-dire 4 + 0, mais 4 + 1 1/2. Il n'y a point de mal d'ailleurs à chercher dans la nature ces rapports approximatifs. De tout temps les plus grands hommes se sont laissé prendre à ces jeux d'esprit. »

3° *Masses des planètes.* — Les masses des planètes ont été déterminées à l'aide de leurs satellites, lorsqu'elles en ont, d'après leurs perturbations réciproques, ou d'après les effets soufferts ou produits par les comètes à courte période. C'est ainsi qu'en 1841 Encke détermina, en se guidant sur les perturbations subies par la comète qui porte son nom, la masse, inconnue jusque-là, de Mercure. La même comète fait espérer dans l'avenir des corrections à la masse de Vénus. De même les perturbations de Vesta sont mises à profit pour Jupiter. Le tableau suivant offre les masses des planètes d'après Encke, en prenant pour

unité celle du Soleil (Voyez le 4e Mémoire de Pons sur les comètes, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin,* pour l'année 1842, p. 5):

Mercure.	1/4865751
Vénus.	1/401839
La Terre.	1/359551
La Terre et la Lune ensemble. . .	1/355499
Mars.	1/2680337
Jupiter avec ses satellites. . . .	1/1047,879
Saturne.	1/3501,6
Uranus.	1/24605
Neptune.	1/14446

La masse à laquelle Leverrier était arrivé pour Neptune, avant la vérification de sa découverte par Galle (1/9322), était encore plus considérable, quoique remarquablement près de la vérité. Il résulte de ce qui précède que les planètes, à l'exception des petites, doivent être rangées ainsi qu'il suit, d'après l'ordre de leur masse, en commençant par celles dont la masse est le moins considérable:

1° Mercure.	5° Uranus.
2° Mars.	6° Neptune.
3° Vénus.	7° Saturne.
4° La Terre.	8° Jupiter.

Ainsi l'ordre des masses non plus que celui des volumes et des densités n'a rien de commun avec l'ordre des distances solaires.

6° *Densité des planètes.* — En combinant les résultats précédemment indiqués pour les volumes et les masses, et en prenant successivement pour unité la densité de la Terre et celle de l'eau, on arrive aux rapports numériques suivants:

PLANÈTES	DENSITÉ DES PLANÈTES comparée A CELLE DE LA TERRE	DENSITÉ DES PLANÈTES comparée A CELLE DE L'EAU
Mercure. . .	1,234	6,71
Vénus. . . .	0,940	5,11
La Terre. . .	1,000	5,44
Mars.	0,958	5,21
Jupiter. . . .	0,243	1,32
Saturne. . . .	0,140	0,76
Uranus. . . .	0,178	0,97
Neptune. . .	0,230	1,25

En comparant, dans le tableau qui précède, la densité des différentes planètes avec celle de l'eau, on a pris pour base la densité de la Terre. Les expériences faites par Reich, à Freiberg, avec la balance de torsion ont donné 5,4383. Cavendish, à la suite d'expériences analogues, était arrivé, d'après les calculs très-exacts de Francis Baily, à 5,448. Ces deux résultats, on le voit, diffèrent de bien peu. Bailly lui-même et pour son propre compte avait trouvé 5,660. On voit dans le tableau ci-dessus que, d'après les déterminations de Encke, Mercure est, sous le rapport de la densité, très-voisin des planètes de moyenne grandeur.

Ce tableau des densités rappelle la division des planètes en deux groupes séparés l'un de l'autre par la zone des petites planètes. Mars, Vénus, la Terre et même Mercure offrent peu de différences de densité; de même les planètes plus éloignées du Soleil, Jupiter, Neptune, Uranus et Saturne, bien que de quatre à sept fois moins denses que le premier groupe, ont, sous ce rapport, beaucoup d'analogies entre elles. La densité du Soleil, en prenant celle de la Terre pour unité, est 0,252, elle est par conséquent à celle de l'eau, comme 1,37 est à 1, c'est-à-dire un peu plus grande que la densité de Jupiter et celle de Neptune. Le

Soleil et les planètes peuvent donc être rangées ainsi, suivant l'ordre de leur densité ([64]):

1° Saturne.	4° Jupiter.	7° Mars.
2° Uranus.	5° Le Soleil.	8° La Terre.
3° Neptune.	6° Vénus.	9° Mercure.

On le voit, bien qu'en général les planètes les plus denses soient les plus voisines du Soleil, on n'est nullement fondé à dire, en les considérant séparément, que leur densité est en raison inverse des distances, ainsi que Newton inclinait à le penser ([65]).

7° *Durée de la révolution sidérale des planètes et de leur rotation.* — Nous nous contentons ici de donner les révolutions sidérales, c'est-à-dire la durée vraie des révolutions, en prenant pour point de répère les étoiles fixes ou quelque autre point déterminé du Ciel. Pendant le cours d'une semblable révolution, les planètes accomplissent autour du Soleil une orbite complète de 360 degrés. Il faut bien se garder de confondre les révolutions sidérales avec les révolutions tropiques ou les révolutions synodiques. La durée de la révolution tropique est l'intervalle que le soleil met à revenir à l'équinoxe du printemps; la durée de la révolution synodique est l'intervalle qui sépare deux conjonctions ou deux oppositions consécutives.

PLANÈTES	DURÉE de la RÉVOLUTION SIDÉRALE	ROTATION
Mercure. . .	87j ,96928	. . . .
Vénus. . . .	224 ,70078	. . . .
La Terre. . .	365 ,25637	0j 23h 56′ 4″
Mars.	686 ,97964	1 0 37′ 20″
Jupiter. . . .	4332 ,58480	0 9 55′ 27″
Saturne. . . .	10759 ,21981	0 10 29′ 17″
Uranus. . . .	30686 ,82051	. . . .
Neptune. . .	60126 ,7	. . . .

On peut présenter ces différentes périodes sous une forme plus facilement appréciable :

Mercure	87j	23h	15′	46″
Vénus	224	16	49′	7″
La Terre	365	6	9′	10″,7496

(D'où l'on déduit que la révolution tropique de la Terre ou la durée de l'année solaire est de 365j,24222, c'est-à-dire 365j 5h 48′ 47″,8091. En 100 ans, les irrégularités dans la rétrogradation des équinoxes abrégent l'année solaire de 0″,595.)

Mars	1a	321j	17h	30′	41″
Jupiter	11	314	20	2′	7″
Saturne	29	166	23	16′	32″
Uranus	84	5	19	41′	36″
Neptune	164	225	17		

Les grandes planètes extérieures qui mettent le plus de temps à opérer leur révolution sont celles qui tournent le plus rapidement sur elles-mêmes. Les petites planètes intérieures, plus voisines du Soleil, sont au contraire celles dont la rotation s'accomplit le plus lentement. Les périodes de révolution des astéroïdes compris entre Mars et Jupiter offrent de grandes différences ; il en sera fait mention lorsque nous traiterons brièvement de chacun d'eux en particulier; il suffit ici de remarquer que la révolution la plus longue est celle d'Hygie, la plus courte celle de Flore.

8° *Inclinaison des orbites planétaires et des axes de rotation.* — Après les masses des planètes, l'inclinaison et l'excentricité de leurs orbites sont les éléments les plus importants d'où dépendent les perturbations. La comparaison de ces éléments dans les trois groupes successifs, de Mercure à Mars, de Flore à Hygie, de Jupiter à Neptune, offre des ressemblances et des contrastes qui conduisent à des considérations intéressantes sur la formation de ces corps célestes et les changements qu'ils ont pu subir, durant de longues périodes de temps. Les planètes qui décrivent autour du Soleil des ellipses si diverses sont aussi situées sur des plans différents. Afin de rendre possible une comparaison numérique, on les ramène toutes à un plan fonda-

mental fixe, ou qui se meuve d'après une loi déterminée. Le plan qui se prête le mieux à cet usage est ou l'écliptique, c'est-à dire le plan dans lequel se meut la Terre, ou l'équateur du sphéroïde terrestre. Dans le tableau suivant, nous joignons aux inclinaisons des orbites des planètes sur l'écliptique et sur l'équateur terrestre les inclinaisons de leurs axes de rotation sur le plan même de leurs orbites, toutes les fois que ces inclinaisons ont pu être déterminées avec quelque certitude.

PLANÈTES	INCLINAISON DES ORBITES DES PLANÈTES SUR L'ÉCLIPTIQUE	INCLINAISON des ORBITES DES PLANÈTES SUR L'ÉQUATEUR TERRESTRE	INCLINAISON DE L'AXE DES PLANÈTES sur le plan DE LEURS ORBITES
Mercure.	7° 0′ 5″,9	28° 45 8″	. . . . .
Vénus. .	3° 23′ 28″,5	24° 33′ 21″	. . . . .
La Terre.	0° 0′ 0″	23° 27′ 54″,8	66° 32′
Mars. . .	1° 51′ 6″,2	24° 44′ 24″	61° 18′
Jupiter. .	1° 18′ 51″,6	23° 18′ 28″	86° 54′
Saturne.	2° 29′ 35″,9	22° 38′ 44″	. . . . .
Uranus. .	0° 46′ 28″,0	23° 41′ 24″	. . . . .
Neptune.	1° 47′	22° 21′	. . . . .

Nous avons négligé les petites planètes, parce qu'elles forment un groupe distinct, sur lequel nous reviendrons plus tard. Si l'on excepte la planète la plus voisine du Soleil, Mercure, dont l'orbite est inclinée sur l'écliptique d'une quantité (7° 0′ 5″, 9) très-voisine de celle qui mesure l'inclinaison de l'équateur solaire (7° 30′), on remarque que l'inclinaison des sept autres planètes est comprise entre 0° 3/4 et 3° 1/2. Pour l'inclinaison de l'axe de rotation sur le plan de l'orbite, c'est Jupiter qui se rapproche le plus de la perpendiculaire. Dans Uranus, au contraire, l'axe de rotation, à en juger par l'inclinaison des orbites des satellites, coïncide presque avec le plan de l'orbite.

Comme de l'inclinaison de l'axe de la Terre sur le plan de son orbite, c'est-à-dire de l'obliquité de l'écliptique, ou

en d'autres termes encore, de l'angle que fait l'orbite apparente du Soleil au point où elle coupe l'équateur, dépendent la division et la durée des saisons, les hauteurs du Soleil sous différentes latitudes et la longueur du jour, cet élément est d'une extrême importance pour déterminer les climats astronomiques, c'est-à-dire la température de la Terre, en tant qu'elle est produite par la hauteur méridienne du Soleil et par la durée de sa présence au-dessus de l'horizon. En supposant considérable l'obliquité de l'écliptique, dans le cas par exemple où l'équateur de la Terre serait perpendiculaire au plan de son orbite, chaque point de la Terre, même sous les pôles, aurait une fois dans l'année le Soleil au zénith, et ne le verrait pas se lever, pendant un laps de temps plus ou moins long. Sous chaque latitude, le contraste entre l'hiver et l'été serait porté au maximum, pour la température comme pour la durée du jour. Partout les climats seraient extrêmes, et ne pourraient être un peu tempérés que par une complication infinie de courants d'air qui varieraient à chaque instant. Si l'on suppose nulle au contraire l'obliquité de l'écliptique, c'est-à-dire si l'on se représente l'écliptique coïncidant avec l'équateur terrestre, partout cesseraient les différences de saison, et la durée du jour serait partout la même, parce que le cours apparent du Soleil suivrait incessamment l'équateur. Les habitants des pôles verraient toujours le Soleil à l'horizon. La température moyenne annuelle, sur chaque point de la surface terrestre, serait celle de chacun des jours de l'année au même lieu [66]. On a comparé cet état à celui d'un printemps perpétuel; la comparaison ne serait justifiée que par l'égalité constante qui s'établirait entre la durée des jours et celle des nuits. Privées cependant de la chaleur estivale qui féconde la végétation, un grand nombre des régions dont se compose la zone tempérée jouiraient en effet de ce climat invariable et peu souhaitable du printemps, qui règne sous l'équateur dans la chaine des Andes, et dont j'ai personnellement beaucoup souffert sur les plateaux déserts ou *Paramos,* situés près des neiges

éternelles, à 10 000 ou 12 000 pieds de hauteur ([67]). Dans ces régions la température de l'air, durant le jour, oscille toujours entre 4° 1/2 et 9° Réaumur.

Les Grecs s'occupèrent beaucoup de l'obliquité de l'écliptique. Ils la mesurèrent grossièrement, et se livrèrent à différentes conjectures sur les variations auxquelles elle pouvait être sujette, et sur les effets qui devaient résulter de l'inclinaison de l'axe terrestre pour les climats et le développement de la nature organique. Ces spéculations furent surtout le fait d'Anaxagore, de l'école pythagoricienne, et d'OEnopide de Chio. Les passages qui peuvent nous renseigner à ce sujet sont insuffisants et trop peu décisifs; cependant ils permettent de reconnaître que l'on faisait remonter le développement de la vie organique et la formation des animaux à l'époque où commença l'inclinaison de l'axe terrestre. D'après un témoignage de Plutarque (*des Opinions des Philosophes*, liv. II, chap. 8), Anaxagore croyait que le monde, lorsqu'il fut constitué et qu'il eut fait sortir de son sein les êtres animés, s'inclina de lui-même vers le midi. Diogène Laerce (liv. II, chap. 3, § 9) fait aussi parler Anaxagore dans le même sens. « Selon ce philosophe, dit-il, les astres se mouvaient tous au commencement, comme s'ils eussent été attachés à une voûte, de sorte que le pôle paraissait toujours être sur une ligne verticale; mais plus tard ils prirent une position inclinée. » On se représentait l'inclinaison de l'écliptique comme un fait accompli soudainement dans l'histoire du Monde; il n'était point question de changement progressif ni subséquent.

Les deux situations extrêmes dont Jupiter et Uranus se rapprochent le plus ramènent naturellement la pensée à l'influence qu'une augmentation et une diminution dans l'obliquité de l'écliptique pourraient exercer sur les relations météorologiques de notre planète et sur le développement de la vie organique, si cette différence n'était pas restreinte dans des limites étroites. La connaissance de ces limites, objet des grands travaux de Léonard Euler, de Lagrange et de Laplace peut être considérée comme

une des plus brillantes conquêtes de l'astronomie théorique, et qui marque le mieux le perfectionnement de la haute analyse. Laplace affirme, dans son *Exposition du Système du monde* (p. 303, édit. de 1824), que l'obliquité de l'écliptique n'oscille pas de plus de 1° 1/2 des deux côtés de sa position moyenne. C'est donc aussi dans cette limite de 3° que la zone tropicale ou le tropique du Cancer, qui en est l'extrémité septentrionale, peut se rapprocher des contrées que nous habitons [68]. C'est comme si, en mettant à part tant d'autres causes de perturbations météorologiques, Berlin se trouvait insensiblement transporté de la ligne isotherme qu'il occupe aujourd'hui à celle de Prague ; la température moyenne annuelle monterait à peine d'un degré centigrade [69]. Biot estime aussi que les variations dans l'obliquité de l'écliptique restent renfermées entre des limites très-étroites, mais il juge plus prudent de ne point exprimer ces limites en chiffres. « La diminution lente et séculaire de l'obliquité de l'écliptique, dit-il, offre des états alternatifs qui produisent une oscillation éternelle, comprise entre des limites fixes. La théorie n'a pas encore pu parvenir à déterminer ces limites ; mais, d'après la constitution du système planétaire, elle a démontré qu'elles existent et qu'elles sont très-peu étendues. Ainsi, à ne considérer que le seul effet des causes constantes qui agissent actuellement sur le système du monde, on peut affirmer que le plan de l'écliptique n'a jamais coïncidé et ne coïncidera jamais avec le plan de l'équateur, phénomène qui, s'il arrivait, produirait le printemps perpétuel. » (*Traité d'Astronomie physique*, t. IV, p. 91, édit. de 1847.)

Tandis que la nutation de l'axe terrestre, découverte par Bradley, dépend uniquement de l'influence qu'exercent le Soleil et la Lune sur l'aplatissement polaire de notre planète, les variations dans l'obliquité de l'écliptique résultent du déplacement de toutes les orbites planétaires. Actuellement les orbites sont distribuées de telle façon, que leur action combinée produit une diminution dans l'o-

bliquité. Cette diminution est aujourd'hui, suivant Bessel, de 0″,457 par année. Dans quelques milliers d'années, la position des orbites planétaires, par rapport au plan de l'orbite terrestre, aura tellement varié que la partie de la précession due aux planètes changera de sens, et qu'il en résultera un accroissement dans l'obliquité de l'écliptique. La théorie nous apprend que ces périodes croissantes ou décroissantes sont de très-inégale durée. Les plus anciennes observations astronomiques qui nous aient été transmises avec des données numériques exactes, remontent à l'année 1104 avant l'ère chrétienne, et témoignent du grand âge de la civilisation chinoise. Les monuments littéraires de cette nation sont à peine plus jeunes d'un siècle. Il existe même une chronologie régulière qui s'étend, d'après Édouard Biot, jusqu'à 2700 avant Jésus-Christ [70]. Sous le règne de Tscheou-Kuung, frère de Wou-Wang, l'ombre du Soleil à midi fut mesurée dans les deux solstices d'hiver et d'été, avec un gnomon de huit pieds. Ces expériences, qui eurent lieu à Lo-jang (aujourd'hui Honan-fou de la province de Ho-nan, au sud du fleuve Jaune), par 34° 46′ de latitude, donnèrent, pour l'obliquité de l'écliptique, 23° 54′ c'est-à-dire 27′ de plus que l'on n'a trouvé en 1850 [71]. Les observations de Pythéas et d'Ératosthène, à Marseille et à Alexandrie, sont postérieures de six ou sept cents ans. Nous possédons les résultats de quatre expériences de ce genre antérieures à l'ère chrétienne, et de sept autres faites entre la naissance de Jésus-Christ et les observations d'Oulough-Beg à l'observatoire de Samarcande. La théorie de Laplace s'accorde merveilleusement avec ces résultats, pour un laps de temps de près de trente siècles, sauf quelques différences insignifiantes, tantôt en plus, tantôt en moins. Il y a d'autant plus lieu de s'applaudir de ce que la mesure de la longueur des ombres sous Tscheou-Koung est parvenue jusqu'à nous, que l'on ne sait par quel hasard l'écrit qui la contient a échappé à la destruction générale des livres ordonnée l'an 246 avant Jésus-Christ, par l'empereur Schi-

Hoang-Ti, de la dynastie des Tsin. D'après les recherches de Lepsius, la IVe dynastie égyptienne commence avec les constructeurs des pyramides Chou-fou, Schafra et Menkera, vingt-trois siècles avant les observations faites à Lo-jang. Il est, d'après cela, bien vraisemblable, si l'on considère le haut degré de civilisation auquel était déjà parvenue la nation égyptienne et l'antiquité de son calendrier, que, avant les mesures de Lo-jang, des mesures semblables avaient été exécutées dans la vallée du Nil. Les Péruviens eux-mêmes, bien que moins au fait que les Mexicains et les Muyscas, qui habitent les montagnes de la Nouvelle-Grenade, des rectifications de calendrier et des intercalations, avaient des gnomons formés d'un cercle tracé autour d'une aiguille, sur une surface très-unie. Il y avait de ces gnomons au milieu du grand temple du Soleil à Cuzco, et dans plusieurs autres lieux. Celui de Quito, situé presque sous l'équateur, était tenu en plus grand honneur que les autres ; on avait coutume de le couronner de fleurs, aux fêtes de l'équinoxe ([72]).

9° *Excentricité des orbites planétaires.* — La forme d'une ellipse est déterminée par la longueur du grand axe et la distance des deux foyers. Pour les orbites des planètes, cette distance que l'on nomme excentricité, comparée au demi grand axe de l'orbite, varie depuis 0,006, comme dans l'orbite de Vénus qui se rapproche beaucoup de la forme circulaire, jusqu'à 0,205 dans l'orbite de Mercure, et à 0,255, dans celle de Junon. Les planètes dont l'orbite est le moins excentrique, sont après Vénus et Neptune, la Terre, dont l'excentricité diminue de 0,000,042,99 en cent ans, le petit axe augmentant dans la même proportion, puis Uranus, Jupiter, Saturne, Cérès, Égérie, Vesta et Mars. Les orbites les plus excentriques sont celles de Junon (0,255), de Pallas (0,239), d'Iris (0,232), de Victoria (0,217), de Mercure (0,205) et d'Hébé (0,202). Il y a des planètes dont l'excentricité va croissant : de ce nombre sont Mercure, Mars et Jupiter. Dans d'autres, au contraire, elle décroît : telles sont Vénus, la Terre, Saturne et Uranus. Le tableau suivant in-

dique les excentricités des grandes planètes d'après Hansen, pour l'année 1800. On trouvera plus loin les excentricités des petites planètes avec les autres éléments de leurs orbites.

Mercure.	0.2056163
Vénus.	0,0068618
La Terre.	0.0167922
Mars.	0.0932168
Jupiter.	0.0481621
Saturne.	0.0561505
Uranus.	0.0466108
Neptune.	0,00871946

Le mouvement du grand axe, qui déplace le périhélie des planètes, s'accomplit progressivement, d'une manière incessante et suivant une direction unique. Les lignes des apsides ainsi déplacées auraient besoin de plus de cent mille ans pour accomplir leur cycle. Il est essentiel de distinguer ce changement de ceux que subit la forme elliptique des orbites. On a agité la question de savoir si l'importance croissante de ces éléments pourrait, dans la suite d'un grand nombre de siècles, modifier considérablement la température de la Terre, et influer sur la somme totale et la distribution de la chaleur dans les différentes parties du jour et de l'année; si ces causes astronomiques, agissant régulièrement d'après des lois éternelles, ne pourraient point faciliter la solution du grand problème géologique, relatif aux plantes et aux animaux des tropiques que l'on a trouvés ensevelis dans la zone glaciale. Certains raisonnements mathématiques ont paru de nature à alarmer les esprits touchant la position des apsides et la forme des orbites, selon que ces orbites se rapprochent davantage de la forme circulaire ou de l'excentricité des comètes, touchant l'inclinaison des axes, le changement dans l'obliquité de l'écliptique, et l'influence que la précession des équinoxes peut exercer sur la durée de l'année; mais ces mêmes raisonnements, soumis à une analyse plus sévère, fournissent aussi pour l'avenir du monde des motifs de sécurité. Les grands axes et les

masses ne changent pas. La loi du retour périodique prévient l'accroissement indéfini de certaines perturbations. Les excentricités, peu sensibles déjà en elles-mêmes, des deux plus puissantes planètes, de Jupiter et de Saturne, reçoivent, grâce à des influences réciproques dont les effets se compensent, des augmentations et des diminutions alternatives, contenues dans des limites étroites et déterminées.

Par suite du déplacement que subit la ligne des apsides, le point de l'orbite terrestre le plus rapproché du Soleil arrive graduellement à tomber dans des saisons opposées ([73]). Si actuellement l'astre passe au périhélie dans les premiers jours de janvier, et à l'aphélie six mois plus tard, dans les premiers jours de juillet, le mouvement progressif de la ligne des apsides ou grand axe de l'orbite terrestre peut faire que le maximum de la distance tombe en hiver, le minimum en été, de telle façon que la distance de la Terre au Soleil soit plus grande au mois de janvier que dans l'été de 520,000 myriamètres, c'est-à-dire 1/30 de la distance moyenne. Au premier coup d'œil, on serait tenté de croire que le déplacement du périhélie de l'hiver à l'été devrait amener de grands changements dans les climats, et cependant tout se réduirait à ceci que le Soleil, dans cette hypothèse, ne prolongerait plus de sept jours sa présence dans l'hémisphère septentrional, c'est-à-dire qu'il ne mettrait plus pour parcourir la moitié de son orbite, depuis l'équinoxe du printemps jusqu'à celui de l'automne, une semaine de plus qu'à parcourir l'autre moitié, depuis l'équinoxe d'automne jusqu'à celui du printemps. La différence de température, en n'entendant par là que les climats astronomiques, et sans considérer le rapport de l'élément liquide à l'élément solide sur la surface de la Terre, la différence de température, dis-je, que l'on pourrait redouter comme conséquence du mouvement de la ligne qui joint les apsides, se trouve neutralisée presque entièrement par cette circonstance que le point où notre planète est le plus proche du Soleil est toujours celui où sa course est le plus rapide ([74]). Le beau théorème dû à Lambert, d'après lequel la quantité

de chaleur que la Terre reçoit du Soleil dans chaque partie de l'année, est proportionnelle à l'angle décrit, durant le même laps de temps, par le rayon vecteur du soleil, contient jusqu'à un certain point la solution tranquillisante de ce problème (75).

Ainsi le changement de direction dans la ligne des apsides ne saurait exercer qu'une faible influence sur la température de la Terre; d'autre part, les limites des changements qui peuvent s'accomplir avec vraisemblance dans l'ellipse de l'orbite terrestre sont très-resserrées (76). Cette cause elle-même, d'après Arago et Poisson, ne peut modifier les climats que d'une manière très-peu sensible et si lente, que les changements ne seraient point appréciables avant de longues périodes de temps. Bien que l'on ne soit pas encore parvenu par l'analyse à déterminer exactement ces limites, on est au moins sûr que jamais l'excentricité de la Terre ne peut atteindre celle de Junon, de Pallas et de Victoria.

10° *Intensité de la lumière solaire sur les différentes planètes.* — En prenant pour unité l'intensité de la lumière solaire sur notre planète, on arrive aux résultats suivants:

Mercure.	6,674
Vénus.	1.911
Mars.	0,431
Pallas.	0.130
Jupiter.	0,036
Saturne.	0,011
Uranus.	0,003
Neptune.	0,001

L'excentricité considérable des trois planètes qui suivent, influe sur l'intensité de la lumière, au périhélie et à l'aphélie:

Mercure	au périhélie	10,58	à l'aphélie	4,59
Mars	—	0,52	—	0,36
Junon	—	0,25	—	0,09

En raison du peu d'excentricité de la Terre, l'intensité de la lumière ne varie pour cette planète, du périhélie à

l'aphélie, que de 1,034 à 0,967. Si la lumière est 7 fois plus intense à la surface de Mercure qu'à la surface de la Terre, elle doit l'être 368 fois moins à la surface d'Uranus. Il n'est point fait mention ici de la chaleur, parce que c'est un phénomène compliqué, qui dépend de l'existence ou de la non-existence des atmosphères, de leur hauteur et de leur composition spéciale. Je rappellerai seulement ici la conjecture de Sir John Herschel sur la température qui doit régner à la surface de la Lune; il est possible, suivant lui, qu'elle dépasse de beaucoup la température de l'eau bouillante (77).

PLANÈTES SECONDAIRES OU SATELLITES

Les considérations générales auxquelles peut donner lieu la comparaison des planètes secondaires ont été exposées déjà assez en détail dans le Tableau de la nature qui remplit le premier volume du *Cosmos* (p. 105-109. A l'époque où ce volume parut, on ne connaissait encore que 11 planètes principales et 18 planètes secondaires. Parmi les astéroïdes ou petites planètes télescopiques, 4 seulement avaient été signalées: Cérès, Pallas, Junon et Vesta. Aujourd'hui, au mois d'août 1851, nous connaissons 22 planètes principales et 21 satellites. Après une interruption de 38 ans dans les découvertes des planètes, depuis l'année 1807 jusqu'au mois de décembre 1845, commence avec l'Astrée d'Hencke une série d'observations heureuses qui révèlent l'existence de 10 petites planètes. Dans ce nombre, 2 ont été vues pour la première fois à Driesen, par Hencke (Astrée et Hébé); 4 à Londres, par Hind (Iris, Flore, Victoria et Irène); 1 à Markree Castle, par Graham (Métis), et 3 à Naples, par de Gasparis (Hygie, Parthénope et Égérie). La plus éloignée de toutes les grandes planètes, Neptune, signalée par Leverrier à Paris et reconnue à Berlin par Galle, suivit Astrée à dix mois d'intervalle. En ce moment les découvertes se multiplient avec une telle rapidité, qu'après un laps de quelques années, la topographie du système so-

laire semble avoir autant vieilli que les statistiques géographiques.

Des 21 satellites aujourd'hui connus, 1 appartient à la Terre, 4 appartiennent à Jupiter, 8 à Saturne, parmi lesquels le dernier découvert, Hypérion, est le 7e dans l'ordre des distances; Uranus en a 6, dont le 2e et le 4e sont déterminés surtout avec une grande certitude : Neptune en a 2.

Les satellites tournant autour des planètes principales, forment des systèmes subordonnés, dans lesquels ces planètes jouent le rôle de corps central, et constituent des systèmes particuliers de dimensions très-différentes, qui reproduisent en petit l'image du système solaire. Dans l'état actuel de nos connaissances, le domaine de Jupiter, a, en diamètre, 380 000 myriamètres; celui de Saturne en a 780 000. Ces analogies entre les systèmes subordonnés et le système solaire ont contribué, au temps de Galilée, où l'expression de *Monde de Jupiter* (Mundus Jovialis) devint d'un usage fréquent, à répandre d'une manière plus générale et plus rapide la théorie de Copernic. Elles rappellent ces ressemblances de forme et de position que la nature organique se plaît aussi à répéter souvent à des degrés inférieurs de la création.

La répartition des satellites dans le système solaire est tellement inégale, que, bien que les planètes principales accompagnées de satellites soient à celles qui en sont dépourvues dans le rapport de 5 à 3, les premières, à l'exception de la Terre, font toutes partie du groupe extérieur, situé au delà des astéroïdes aux orbites entrelacées. Le seul satellite qui se trouve dans le groupe intérieur, la Lune, offre cette particularité que son diamètre est d'une grandeur excessive relativement à celui de la Terre. Ce rapport est de 1/3,8, tandis que dans le plus grand des satellites de Saturne, le 6e par ordre de position, dans Titan, le diamètre n'est guère que 1/15,5 de celui de la planète principale, et que dans le plus grand des satellites de Jupiter, qui est le 3e par ordre de position, ce rapport n'est que de 1/25,8.

Cette grandeur toute relative doit être, du reste, distinguée avec soin de la grandeur absolue. Le diamètre proportionnellement si large de la Lune n'a en définitive que 454 milles géographiques, et le cède par conséquent en grandeur absolue aux diamètres des quatre satellites de Jupiter, qui en ont respectivement 776, 664, 529 et 475. Il s'en faut de très-peu que le diamètre du 6e satellite de Saturne n'atteigne le diamètre de Mars, qui a 892 milles géographiques ([78]). Si les résultats fournis par le télescope dépendaient uniquement du diamètre du satellite et n'étaient point subordonnés au voisinage de la planète principale, à l'éloignement et à la constitution de la surface qui réfléchit la lumière, on serait autorisé à considérer les deux premiers satellites de Saturne, Mimas et Encélade, ainsi que le 2e et le 4e des satellites d'Uranus, comme les plus petites de toutes les planètes secondaires. Mais il est plus sûr de les désigner seulement comme les plus petits points lumineux. Un fait qui paraît acquis à la science, c'est que l'on doit chercher parmi les petites planètes, et non parmi les satellites, les plus petits de tous les corps planétaires ([79]).

Il n'est nullement exact de dire que la densité des satellites soit toujours moindre que celle des planètes principales, comme cela est le cas pour la Lune, dont la densité est à celle de la Terre dans le rapport de 0,619 à 1, ainsi que pour le 4e satellite de Jupiter. Dans le système de Jupiter, le 3e satellite, qui est le plus grand, a la même densité que la planète, le 2e est plus dense. Il n'est pas vrai non plus que les masses augmentent avec les distances. Si l'on suppose que les planètes furent formées d'anneaux se mouvant en cercle dans l'espace, il faut que des causes, qui resteront peut-être éternellement un mystère, aient déterminé autour de tel ou tel noyau des agglomérations de grandeurs différentes, et diversement condensées.

Les orbites de satellites appartenant au même groupe ont des excentricités très-différentes. Dans le système de Jupiter, les deux premiers satellites décrivent presque des cercles parfaits ; l'excentricité dans les deux suivants s'élève à 0,0013

et 0,0072. Dans le système de Saturne, l'orbite du satellite le plus rapproché, de Mimas, est déjà beaucoup plus excentrique que celle d'Encélade et celle de Titan, si nettement déterminé par Bessel, et qui est à la fois le plus grand et le plus anciennement découvert des satellites de Saturne. L'excentricité de Titan n'est, à la vérité, que de 0,02922. D'après ces données, qui méritent confiance, Mimas seul est plus excentrique que la Lune, dont l'excentricité, égale à 0,05484, a cela de particulier qu'elle est la plus grande excentricité connue, relativement à celle de la planète principale autour de laquelle elle fait sa révolution. Ainsi l'excentricité de Mimas est à celle de Saturne comme 0,068 est à 0,056; celle de la Lune est à celle de la Terre comme 0,054 est à 0,016. Sur les distances des satellites aux planètes, on peut voir le premier volume du *Cosmos* (p. 76). La distance de Mimas à Saturne n'est plus évaluée aujourd'hui à 14 857 myriamètres, mais à 18 995, en partant du centre de la planète, ou à 12 946, en partant de la surface; d'où il résulte que la distance de ce satellite à l'anneau de Saturne est de plus de 5000 myriamètres, en défalquant 3409 myriamètres pour l'intervalle entre la planète et l'anneau, et 4486 pour la largeur même de l'anneau (80). Le système de Jupiter présente aussi, avec une certaine harmonie générale, des anomalies singulières dans les orbites de ses satellites, qui se meuvent tous à une faible distance et dans le plan de l'équateur de la planète. Parmi les satellites de Saturne, 7 font leur révolution à très-peu près dans le plan de l'anneau; le 8e et dernier, Japhet, est incliné sur ce plan de 12° 14′.

Dans ces considérations générales sur les orbites planétaires, nous sommes descendu du système solaire, le plus vaste des systèmes connus, mais qui vraisemblablement n'est pas encore la manifestation suprême de l'attraction céleste, aux systèmes partiels et subordonnés de Jupiter, de Saturne, de Neptune, d'Uranus (81). Si, d'un côté, il y a dans la pensée et dans l'imagination de l'homme une tendance innée à la généralisation, un besoin insatiable d'agrandir encore le

monde par ses pressentiments, et de chercher dans le mouvement de translation qui emporte notre système solaire l'idée d'une coordination plus vaste et plus élevée [82], on a conjecturé, d'autre part, que les satellites de Jupiter pouvaient être autant de centres autour desquels tournaient des corps célestes que leur petitesse dérobe à la vue. D'après cette hypothèse, chacun des membres dont se composent les systèmes partiels qui ont leur siége principal dans le groupe des planètes extérieures aurait au-dessous de lui d'autres systèmes analogues et subordonnés. L'esprit symétrique de l'homme se complaît dans la reproduction successive des mêmes formes, alors même qu'il est forcé, pour se satisfaire, d'inventer des analogies; mais un examen sérieux ne permet point de confondre le monde idéal avec le monde réel, les hypothèses simplement probables avec les résultats fondés sur des observations certaines.

NOTIONS PARTICULIÈRES

SUR LES PLANÈTES ET LES SATELLITES

Une description physique de l'univers a pour objet spécial, ainsi que je l'ai rappelé déjà plusieurs fois, de réunir les résultats numériques les plus importants et les plus sûrs, que l'on a pu obtenir dans le domaine sidéral, aussi bien que dans le domaine terrestre, jusqu'au milieu du siècle XIX[e]. Les formes et les mouvements des corps doivent y être retracés, au triple point de vue de leur création, de leur existence, de leur mesure. Les bases sur lesquelles reposent ces résultats, les conjectures cosmogoniques qui, suivant les progrès et les alternatives de nos connaissances, se sont produites depuis des millions d'années touchant la formation et le développement du monde physique, ne rentrent point, à vrai dire, dans le cercle de ces recherches expérimentales. On peut voir à ce sujet le tome I[er] du *Cosmos*, p. 23-25.

LE SOLEIL

Dans les pages qui précèdent (*Cosmos*, t. III, p. 336-339), j'ai indiqué les dimensions du Soleil et exposé les vues généralement admises aujourd'hui sur la constitution physique du corps qui forme le centre de notre système. Il suffira d'ajouter, d'après les observations les plus récentes, quelques remarques supplémentaires au sujet des formes rougeâtres dont il est fait mention plus haut (*Ibid.*, p. 346). Les importants phénomènes offerts, dans l'Est de l'Europe,

lors de l'éclipse totale du 28 juillet 1851, ont renforcé encore l'opinion, exprimée par Arago en 1846, que les éminences rougeâtres, semblables à des montagnes ou à des nuages, qui, dans les éclipses, se remarquent sur les bords du disque obscurci du Soleil, appartiennent à l'atmosphère gazeuse, c'est-à-dire à la plus extérieure des atmosphères dont le corps central est entouré (83). Ces éminences étaient découvertes graduellement à l'Ouest par la retraite de la Lune, et disparaissaient du côté opposé, à mesure que la Lune poursuivait sa course vers l'Orient (*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1846, p. 457).

Ces projections marginales avaient une telle intensité de lumière, qu'on a pu les reconnaître avec le télescope, à travers les légers nuages qui les voilaient, et même les apercevoir à l'œil nu dans l'intérieur de la couronne.

Quelques-unes de ces éminences, offrant la couleur du rubis ou de la fleur de pêcher, subirent dans leurs contours une rapide et sensible altération, pendant la durée de l'éclipse totale. Une d'elles semblait recourbée à son extrémité, et plusieurs observateurs croyaient voir comme une colonne de fumée arrondie, vers le sommet de laquelle, flottait un nuage librement suspendu (84). La hauteur des protubérances fut évaluée en général à 1 ou 2 minutes. Il y a même un point sur lequel elles semblent avoir dépassé cette limite. Indépendamment de ces jets lumineux, au nombre de 3 à 5, on vit aussi des bandes rouges, étroites et souvent dentelées, qui paraissaient adhérer aux bords de la Lune (85).

On a pu voir de nouveau, et très-distinctement, surtout à l'entrée, la partie du bord de la Lune qui ne se projetait point sur le disque du Soleil (86).

A quelques minutes des bords du Soleil, près de la plus grande des éminences rouges et recourbées que nous venons de signaler, on apercevait un groupe de taches solaires. Une tache était également visible près du bord opposé; la distance qui l'en séparait ne permettait guère de croire que la matière rouge et gazeuse de ces exhalaisons

sortît des ouvertures en forme d'entonnoir qui constituent les taches. Mais comme avec un fort grossissement on voit distinctement des pores sur toute la surface du Soleil, la conjecture la plus probable est que ces émanations de gaz et de vapeurs, qui s'élevant du corps solaire forment les entonnoirs, se répandent à travers ces ouvertures ou à travers des pores plus petits, et offrent à nos regards, dans la troisième enveloppe solaire, les colonnes de vapeur rouges et les nuages diversement configurés dont nous avons donné la description ([87]).

MERCURE

Si l'on se rappelle combien, depuis les temps les plus reculés, les Égyptiens s'occupèrent de Mercure sous les noms de Set ou d'Horus ([88]), et les Indiens sous celui de Boudha ([89]); comment les Asedites, habitués à contempler le ciel transparent de l'Arabie occidentale, firent de cette planète, entre toutes les autres, l'objet privilégié de leur culte ([90]); comment enfin Ptolémée put mettre à profit, dans le IXe livre de l'*Almageste*, 14 observations de Mercure remontant jusqu'à l'année 261 avant notre ère, et qui viennent en partie des Chaldéens ([91]), on ne peut entendre sans étonnement Copernic se plaindre sur son lit de mort, à l'âge de 70 ans, de n'avoir pu, malgré ses efforts, apercevoir Mercure. Cependant les Grecs, frappés de l'intensité si vive quelquefois de sa lumière, caractérisaient cette planète par l'épithète de scintillante (στίλβων) ([92]). Ainsi que Vénus, Mercure nous offre des phases, c'est-à-dire que sa partie éclairée subit des variations de forme; de même encore elle nous apparaît quelquefois comme étoile du matin et quelquefois comme étoile du soir.

La distance moyenne de Mercure au Soleil est d'un peu plus de 8 millions de milles géographiques de 15 au degré, environ 6 millions de myriamètres; cela fait 0,387 093 8 de la distance moyenne de la Terre au Soleil. En raison de l'excentricité considérable de son orbite, qui est de

0,205 616 3, la distance de Mercure au Soleil n'est au périhélie que de 6 millions 1/4 de milles géographiques, elle est à l'aphélie de 10 millions. Cette planète accomplit sa révolution autour du Soleil en 87 de nos jours moyens, plus 23 heures, 15 minutes et 46 secondes. Des observations trop peu certaines sur la forme de la corne méridionale de son croissant, et la découverte d'une bande obscure qui, vers l'Est, est absolument noire, ont amené Schrœter et Harding à fixer comme durée de sa rotation l'espace de 24 heures et 5 minutes.

D'après les déterminations de Bessel, faites à l'occasion du passage de Mercure, du 5 mai 1832, le vrai diamètre de cette planète est de 497 myriamètres, c'est-à-dire 0,391 du diamètre terrestre (93).

La masse de Mercure avait été évaluée par Lagrange, d'après des suppositions très-hasardeuses sur les rapports réciproques des densités et des distances. La comète à courte période d'Encke fournit un premier moyen de corriger ce calcul. Suivant Encke, la masse de Mercure est 1/4 865 751 de la masse du Soleil, ce qui fait à peu près 1/13, 7 de la masse terrestre. Laplace a évalué, d'après Lagrange, la masse de Mercure à 1/2 025 810 (94), mais elle ne dépasse guère en réalité les 5/12 de ce chiffre. Cette correction contredit l'hypothèse de l'accroissement rapide des densités, suivant que les planètes sont plus rapprochées du Soleil. Si l'on admet avec Hansen que le volume de Mercure égale les 6/100 de celui de la Terre, il en résulte que la densité de Mercure n'est que 1,22. « Au reste, dit Encke, ces déterminations ne doivent encore être considérées que comme un premier essai pour approcher de la vérité plus que ne l'avait fait Laplace. » On croyait, il n'y a pas plus de dix ans, que la densité de Mercure était presque triple de celle de la Terre; on l'évaluait alors, en prenant pour unité celle de la Terre, à 2,56 ou 2,94.

VÉNUS

La distance moyenne de Vénus au Soleil égale 0,723 331 7 de celle de la Terre, c'est-à-dire qu'elle est de 15 millions de milles géographiques ou de 11 millions de myriamètres. La durée de la révolution sidérale de Vénus est de 224 jours, 16 heures, 49 minutes et 7 secondes. Aucune autre planète principale ne vient aussi près de la Terre. Elle s'en approche en effet à une distance de 3 900 000 myriamètres, mais elle s'en éloigne aussi jusqu'à 26 000 000 myriamètres. De là les variations considérables de son diamètre apparent que l'on ne saurait déterminer uniquement d'après l'intensité de la lumière ([95]). L'excentricité de l'orbite de Vénus n'est que de 0,006 861 82, en prenant comme toujours le demi-grand axe pour mesure. Le diamètre de cette planète est de 1694 milles géographiques ou 1256 myriamètres, sa masse de 1/4 018 391 de celle du Soleil, son volume de 0,957, sa densité de 0,94, relativement au volume et à la densité de la Terre.

Des deux passages de planètes inférieures qui furent annoncés pour la première fois par Képler, dans ses Tables Rudolphines, celui de Vénus est d'une importance essentielle pour la théorie de tout le système planétaire, en ce qu'il peut servir à déterminer la parallaxe du Soleil, et comme conséquence la distance de la Terre au corps central. D'après les recherches approfondies auxquelles s'est livré Encke sur le passage de Vénus de 1769, et dont il a consigné les résultats dans l'Annuaire de Berlin (*Berliner Jahrbuch* für 1852, p. 323), la parallaxe du Soleil est de 8",571 16. Depuis l'année 1847, la parallaxe du Soleil est l'objet d'un nouveau travail, entrepris sur la proposition d'un mathématicien distingué, le professeur Gerling, de Marburg, et par l'ordre du gouvernement des États-Unis. Il s'agit de déterminer cette parallaxe à l'aide d'observations de Vénus, près de son élongation orientale et occidentale, et en mesurant micrométriquement les différences en as-

cension droite et en déclinaison, sous des latitudes et des longitudes très-diverses, d'étoiles dont la position soit bien fixée. Cette expédition astronomique, s'est dirigée sous les ordres d'un officier fort instruit, le lieutenant Gilliss, vers Santiago de Chile. On peut voir à ce sujet les Nouvelles astronomiques de Schumacher (*Astronomische Nachrichten*), n° 599, p. 365 et n° 615, p. 195.

On a eu longtemps des doutes sur la durée de la rotation de Vénus. Dominique Cassini, en 1669, et Jacques Cassini, en 1732, l'évaluaient à 23h 20', tandis que Bianchini, à Rome, adoptait la longue période de 24 jours 1/3 (96). Vico, à la suite d'observations plus exactes, faites de 1840 à 1842, a déduit d'un grand nombre de taches de Venus, le chiffre de 23h 21′ 21″, 93.

Ces taches qui, lorsque Vénus offre la forme d'un croissant, sont près de la limite de l'ombre et de la lumière, sont faibles, rarement visibles et très-changeantes : d'où les deux Herschel ont conclu qu'elles appartiennent à une atmosphère de Vénus, plutôt qu'à la surface solide de la planète (97). La Hire, Schrœter et Mædler ont mis à profit les formes changeantes des cornes du croissant, surtout de la corne méridionale, pour évaluer la hauteur des montagnes, mais principalement pour déterminer la durée de la rotation. Il n'est pas nécessaire, pour expliquer ces changements, d'admettre, comme l'a prétendu Schrœter à Lilienthal, des pics de montagnes hauts de 5 milles géographiques ou de plus de 3 myriamètres ; il suffit d'élévations telles que nous en offre notre planète, dans les deux continents (98). D'après le peu que nous savons sur la surface et la constitution physique des planètes les plus voisines du Soleil, Mercure et Vénus, le phénomène d'une lueur cendrée et d'un dégagement de lumière propre à ces planètes, phénomène observé plusieurs fois dans la partie obscure de Vénus par Christian Mayer, William Herschel et Harding, demeure toujours très-énigmatique (99). Il n'est pas vraisemblable qu'à une si grande distance la lumière réfléchie par la Terre puisse produire une lueur cendrée sur Vénus,

comme sur la Lune. — On n'a remarqué jusqu'ici aucun aplatissement dans les deux planètes inférieures, Mercure et Vénus.

LA TERRE

La distance moyenne de la Terre au Soleil est 12 032 fois plus grande que le diamètre de notre globe. Elle est donc de 20 682 000 milles géographiques ou de 15 346 000 myriamètres à 66 000 myriamètres, c'est-à-dire à 1/230 près.

La révolution sidérale de la Terre autour du Soleil s'accomplit en 365j 6h 9′ 10″, 7496. L'excentricité de son orbite est de 0,016 792 26; sa masse de 1/359 551; sa densité, par rapport à l'eau, de 5,44. Bessel, à la suite de ses recherches sur dix mesures de degré, évalue l'aplatissement de la Terre à 1/299,153; le diamètre équatorial est de 1718,9 milles géographiques ou 1276 myriamètres, le diamètre polaire de 1713,1 milles géographiques, soit 1271,7 myriamètres (*Cosmos*, t. I, p. 359, n. 30). Nous nous contentons de mentionner ici les évaluations numériques qui ont trait à la forme et au mouvement de la Terre; tout ce qui concerne la constitution physique de cette planète étant réservé pour la dernière partie du *Cosmos*, consacrée tout entière au domaine terrestre.

LA LUNE

Distance moyenne de la Lune à la Terre: 51 800 milles géographiques ou 38 400 myriamètres; révolution sidérale: 27j 7h 43′ 11″, 5; excentricité de l'orbite lunaire: 0,054 844 2; diamètre de la Lune: 356 myriamètres, environ 1/4 du diamètre de la Terre; volume: 1/54 du volume terrestre; masse de la Lune, d'après Lindenau: 1/87, 73, d'après Peters et Schidloffsky: 1/81 de la masse de la Terre; densité: 0,619, à peu près les 3/5 de celle de la Terre. La Lune n'a pas d'aplatissement sensible; mais la théorie a déterminé un allongement très-faible, dans la di-

rection de la Terre. La rotation de la Lune sur son axe a lieu exactement, et il est probable qu'il en est de même pour tous les autres satellites, dans le même temps qu'elle met à accomplir sa révolution autour de la Terre.

La lumière solaire réfléchie par la surface de la Lune est, sous toutes les latitudes, inférieure à celle qu'un nuage blanc renvoie durant le jour. Lorsque, pour déterminer des longitudes géographiques, on est forcé de mesurer fréquemment des distances de la Lune au Soleil, on a souvent peine à découvrir le disque lunaire, entouré d'un amas de nuages plus éclatants. Je pouvais plus facilement distinguer la Lune sur des sommets hauts de douze à seize mille pieds, où l'on ne voit dans le ciel, à travers l'atmosphère limpide des montagnes, que de légers cirrus, dont les traînées légères renvoient une lumière très-faible; les rayons de la Lune, traversant des couches d'air moins denses, perdent alors une moins grande partie de leur intensité. Le rapport entre l'éclat du Soleil et celui de la pleine Lune exige de nouvelles évaluations, puisque la mesure donnée par Bouguer, et généralement admise (1/300 000), est si peu d'accord avec celle de Wollaston (1/800 000), qui, à vrai dire, est moins probable ([100]).

La lumière jaune de la Lune nous paraît blanche le jour, parce qu'elle emprunte aux couches bleues de l'air qu'elle traverse, la couleur complémentaire du jaune ([1]). D'après les nombreuses observations qu'a faites Arago avec son polariscope, il y a dans la lumière de la Lune de la lumière polarisée, surtout dans les quartiers et dans les taches grisâtres du disque lunaire, par exemple dans le grand cirque obscur et quelquefois verdâtre, qui a reçu le nom de Mare Crisium. La teinte sombre de la région environnante ajoute un effet de contraste, qui rend le phénomène plus remarquable encore. Quant à la montagne brillante qui occupe le centre du groupe Aristarque, et sur laquelle on a cru plusieurs fois observer des signes d'activité volcanique, elle n'a point fourni plus de lumière polarisée que les autres parties du disque lunaire. On ne voit dans la pleine Lune

aucun mélange de lumière polarisée; mais durant l'éclipse totale du 31 mai 1848, Arago a trouvé des indices certains de polarisation dans le disque rougi de la Lune. On peut voir sur ce phénomène, auquel nous reviendrons plus bas, les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVIII, p. 1119.

La Lune émet de la chaleur; c'est là une découverte qui, comme tant d'autres, dues à mon illustre ami Melloni, doit être rangée parmi les plus importantes et les plus extraordinaires de ce siècle. Après bien des essais infructueux, depuis ceux de La Hire, jusqu'à ceux de l'ingénieux Forbes (2), Melloni a trouvé moyen, avec une lentille à échelons de trois pieds de diamètre, destinée à l'Institut météorologique du Vésuve, d'observer de la façon la plus nette les élévations de température subordonnées aux différentes phases de la Lune. Mossotti et Belli, professeurs aux universités de Pise et de Pavie, furent témoins de ces expériences, dont les résultats, varièrent d'après l'âge et la hauteur de la Lune. Mais à cette époque, dans l'été de l'année 1846, on n'avait pas encore déterminé à quelle fraction d'un thermomètre centigrade correspond l'élévation de température, observée dans la pile thermoscopique de Melloni (3).

La lumière cendrée qui se montre sur une partie du disque lunaire, lorsque peu de jours avant ou après son renouvellement, elle ne nous présente plus qu'un étroit croissant éclairé par le Soleil, n'est autre chose que de la lumière terrestre qui va frapper la Lune, c'est-à-dire « le reflet d'un reflet. » Moins la Lune nous paraît éclairée, plus notre globe est lumineux pour elle. La lumière que la Terre renvoie à la Lune est d'ailleurs 13 fois et demie plus intense que celle qu'elle en reçoit; elle est telle qu'après une seconde réflexion, nous pouvons encore l'apprécier. Cette lumière cendrée permet de reconnaître au télescope les taches principales et les sommets de montagnes qui brillent dans les paysages de la Lune, comme autant de points lumineux. On distingue même encore une lueur grise lorsque

la Lune est déjà plus qu'à moitié sortie de l'ombre (4). Vus dans les régions tropicales, sur les hauts plateaux de Quito et de Mexico, ces phénomènes produisent une impression particulière. L'opinion s'est généralement répandue, depuis Lambert et Schrœter, que les différences dans l'intensité de la lumière cendrée dépendent de la force plus ou moins grande avec laquelle est réfléchie la lumière solaire qui frappe la surface de notre globe, suivant qu'elle est renvoyée par des masses continentales couvertes de sables, de prairies, de forêts tropicales et de roches arides ou bien par les vastes plaines de l'Océan. Le 14 février 1774, Lambert remarqua avec une lunette, nommée chercheur, que la lumière cendrée se changeait en une teinte olive tirant sur le jaune. « La Lune, dit Lambert au sujet de cette remarquable observation, se trouvait alors verticalement au-dessus de l'océan Atlantique, et recevait sur son hémisphère d'ombre la lumière verte de la Terre, réfléchie sous un ciel serein par les régions boisées de l'Amérique méridionale (5). »

L'état météorologique de notre atmosphère modifie l'intensité de la lumière terrestre qui accomplit le double trajet de la Terre à la Lune et de la Lune à notre œil. Aussi serait-il possible dès aujourd'hui, comme le remarque Arago (6), avec les instruments dont on dispose, de lire en quelque sorte dans la Lune l'état moyen de transparence de notre atmosphère. Képler, dans l'ouvrage intitulé : *ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur* (1604, p. 254), attribue les premières notions exactes sur la nature de la lumière cendrée à son maître vénéré Maestlin, qui présenta cette explication dans des thèses soutenues publiquement à Tubingen, en 1596. Galilée parlait dans son *Sidereus Nuncius* (p. 26) de cette réflexion de la lumière terrestre, comme d'un fait qu'il avait découvert lui-même, il y avait plusieurs années ; mais déjà 100 ans avant Mæstlin et Galilée, l'explication du reflet visible de la lumière terrestre sur la Lune n'avait pas échappé au génie universel de Léonard de Vinci, ainsi qu'en font foi ses manuscrits longtemps oubliés (7).

Il est rare que dans les éclipses totales de Lune la Lune disparaisse complètement. D'après la plus ancienne observation de Képler ([8]), il en fut ainsi le 9 décembre 1601, et à une époque plus rapprochée de nous, à Londres, le 10 juin 1816. On ne put même apercevoir la Lune au télescope. La cause de ce phénomène singulier doit tenir à l'état imparfaitement connu, dans lequel se trouvaient, sous le rapport de la diaphanéité, quelques-unes des couches de notre atmosphère. Hévélius remarque expressément que, dans l'éclipse totale du 25 avril 1642, le ciel parfaitement pur était couvert d'étoiles scintillantes, et cependant bien qu'il ait employé des grossissements très-divers, le disque lunaire resta toujours invisible. Dans d'autres cas aussi très-rares, de certaines parties de la Lune sont seules visibles et ne le sont que faiblement. Il est ordinaire, dans une éclipse totale, de voir la Lune rougir, en passant par tous les degrés d'intensité, et arriver même au rouge de feu, lorsqu'elle est éloignée de la Terre. Il y a un demi-siècle, le 29 mars 1801, pendant que nous étions mouillés à l'île Baru, non loin de Cartagena de Indias, j'étais vivement frappé, en observant une éclipse, de voir combien, sous le ciel des tropiques, le disque de la Lune paraissait plus rouge que dans ma patrie ([9]). On sait que ce phénomène est un effet de la réfraction, les rayons solaires étant infléchis lors de leur passage à travers l'atmosphère terrestre ([10]), et rejetés dans le cône d'ombre, ainsi que le dit fort justement Képler dans ses *Paralipomena ad Vitellionem* (pars optica, p. 893). Du reste, le disque rouge ou ardent n'est jamais également coloré: quelques endroits restent obscurs, et passent par des teintes de plus en plus sombres. Les Grecs s'étaient fait une théorie fort extraordinaire touchant les couleurs diverses que devait montrer le disque lunaire, d'après l'heure du jour où l'éclipse se produisait ([11]).

La longue discussion sur l'existence vraisemblable ou invraisemblable d'une enveloppe atmosphérique au globe lunaire, a eu pour résultat de prouver, par des observa-

tions précises d'occultations d'étoiles, qu'il n'y a point de réfraction des rayons lumineux sur les bords de la Lune. Ainsi se trouvent renversées les hypothèses de Schrœter sur une atmosphère et un crépuscule lunaires ([12]). « La comparaison des deux valeurs du diamètre de la Lune, dont l'une s'obtient directement, dit Bessel, et dont l'autre est déduite du temps que dure l'occultation d'une étoile, nous apprend que la lumière stellaire, en rasant le bord de la Lune ne dévie point sensiblement du droit chemin. Si une réfraction avait lieu, la deuxième valeur du diamètre serait moindre que la première, et des mesures réitérées ont donné, au contraire, des déterminations si concordantes qu'il n'a jamais été possible d'y découvrir une différence décisive ([13]). » L'immersion des étoiles qui s'aperçoit d'une manière distincte, surtout au bord obscur, s'opère instantanément et sans diminution progressive d'éclat; il en est, de même pour l'émersion ou la réapparition.

Puisque donc notre satellite est privé d'enveloppe aériforme, les astres, en l'absence de toute lumière diffuse, se lèvent pour lui sur un ciel presque noir, même durant le jour ([14]). Là, aucune onde aérienne ne peut transmettre le bruit, le chant ou la parole. Pour notre imagination, qui aime à se plonger dans des régions inaccessibles, l'astre des nuits n'est qu'un désert silencieux et muet.

Le phénomène de l'arrêt ou adhérence, que présente quelquefois, au bord de la Lune, l'étoile immergée, ne peut guère être considéré comme un effet d'irradiation, bien qu'à la vérité, en raison de la différence d'éclat qui distingue nettement la partie éclairée directement par le Soleil et la lumière cendrée, l'irradiation, dans un croissant étroit, fasse paraître la première comme enchâssant la seconde ([15]). Arago, dans une éclipse totale, a vu une étoile adhérer distinctement, durant la conjonction, au disque sombre de la Lune. Faut-il attribuer surtout ces apparences à quelque effet de sensation et à des causes physiologiques ([16]), ou bien aux observations de réfrangibilité

et de sphéricité de l'œil [17]? Ce point est resté un sujet de débat entre Arago et Plateau. Pour les cas dans lesquels des observateurs ont affirmé avoir vu l'étoile reparaître après sa disparition, puis disparaître de nouveau, on peut conclure que l'étoile avait rencontré accidentellement un bord de la Lune hérissé de Montagnes ou ébréché par des précipices profonds.

L'intensité très-inégale de la lumière réfléchie, dans les diverses régions du disque lunaire, et surtout le peu de netteté du bord intérieur, durant les phases, ont, dès les premiers temps, fait naître quelques conjectures raisonnables sur les aspérités que présente la surface de notre satellite. Dans le petit mais curieux ouvrage *de la Face qui paraît dans le disque de la Lune,* Plutarque dit expressément: « que les taches pourraient faire soupçonner des gorges ou des vallées, et des pics de montagnes qui jettent de grandes ombres, comme le mont Athos, dont l'ombre atteint l'île de Lemnos [18]. « Les taches couvrent environ 2/5 du disque entier. Lorsque l'astre est placé favorablement, on peut distinguer à l'œil nu, par une atmosphère sereine, les crêtes des régions montagneuses des Apennins, l'enceinte obscure appelée Grimaldi, le bassin connu sous le nom de Mare Crisium, enfin le groupe de Tycho, encaissé entre un grand nombre de montagnes et de cratères [19]. Suivant une supposition qui semble fondée, ce serait surtout l'aspect de la chaîne des Apennins qui aurait conduit les Grecs à expliquer les taches de la Lune par des montagnes, et les aurait fait songer au mont Athos dont l'ombre couvrait la vache d'airain de Lemnos, aux solstices. Une autre opinion, purement imaginaire, sur les taches de la Lune, était celle d'Agésianax, que combattait Plutarque, et d'après laquelle le disque de la Lune nous renvoyait par réflexion, comme un miroir, l'image de nos propres continents et de la mer Atlantique. Une croyance toute semblable paraît s'être conservée encore, à l'état de préjugé populaire, dans quelques contrées de l'Asie [20].

En employant avec soin de grandes lunettes, on est arrivé insensiblement à tracer une topographie de la Lune, fondée sur des observations réelles ; et comme, en opposition, un de ses hémisphères tout entier s'offre à nos regards, nous connaissons la liaison générale des montagnes de la Lune et leur configuration superficielle beaucoup mieux que nous ne connaissons l'horographie de l'hémisphère terrestre, qui comprend l'intérieur de l'Afrique et de l'Asie. Généralement, les parties les plus obscures du disque lunaire sont les plus unies et les plus basses ; les parties éclatantes sont les régions élevées et montagneuses. Mais l'ancienne division que faisait Képler en mers et en continents est depuis longtemps abandonnée ; et déjà Hévélius, bien qu'il ait propagé l'usage de termes analogues, en révoquait en doute l'exactitude, et avait des scrupules sur cette opposition des deux éléments. On s'appuie surtout, pour combattre l'hypothèse des plaines liquides, sur cette circonstance, constatée par des observations attentives et faites à des degrés de lumière très-différents, que dans les prétendues mers de la Lune il n'y a point d'espaces unis, si petits qu'ils soient, que tous présentent un grand nombre de surfaces qui se croisent. Arago a infirmé les motifs tirés des inégalités de surface, en faisant remarquer que, malgré leurs aspérités, quelques-unes de ces plaines pourraient encore former le lit de mers peu profondes, puisque sur notre globe le fond accidenté et couvert de récifs de l'Océan, peut-être vu distinctement à une grande hauteur, grâce à la supériorité d'éclat de la lumière qui s'élève des profondeurs sur celle que réfléchit la surface (*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1836, p. 339-345). Dans le Traité d'Astronomie et de Photométrie qu'il va bientôt faire paraître, Arago se propose de conclure d'autres raisons empruntées à l'optique, et qui ne sauraient trouver place ici, à l'absence probable de l'eau sur notre satellite. Les plus grandes de ces plaines basses se trouvent dans les régions du Nord et de l'Est. Le bassin mal délimité de l'Oceanus Procellarum est probablement de

tous celui qui a le plus d'étendue, il n'a pas moins de 50 000 myriamètres carrés. Cette partie sombre de la Lune, située dans l'hémisphère oriental, qui enferme des montagnes groupées en forme d'îles, telles que les monts Riphées, le mont Képler, le mont Copernic et les Carpathes, et à laquelle se rattachent le Mare Imbrium qui couvre une surface de 9000 myriamètres carrés, le Mare Nubium et même, dans une certaine mesure, le Mare Humorum, forme le contraste le plus frappant avec la région lumineuse du Sud-Ouest, dans laquelle les montagnes sont accumulées ([21]). Au Nord-Ouest, on voit deux bassins plus isolés et fermés plus hermétiquement: le Mare Crisium qui s'étend sur un espace de plus de 1600 myriamètres carrés, et le Mare Tranquillitatis dont la surface est de 3100.

La couleur de ces prétendues mers n'est pas toujours grise. Le Mare Crisium est d'un gris mêlé de vert sombre, le Mare Serenitatis et le Mare Humorum sont également verts. Ailleurs, près des monts Hercyniens, l'enceinte isolée, désignée sous le nom de Lichtenberg, offre une teinte rougeâtre. Il en est de même pour le Palus Somnii. Les plaines circulaires dont le centre n'est point occupé par des montagnes sont la plupart d'un gris foncé, tirant sur le bleu, et qui ressemble à l'éclat de l'acier. Les causes de ces tons différents sur un sol formé de rochers ou couvert de substances meubles sont tout à fait inconnues. De même qu'au Nord de la chaîne des Alpes, le vaste cirque de Platon, nommé par Hévélius Lacus niger major, et plus encore Grimaldi, vers l'équateur, et Endymion, à l'extrémité Nord-Ouest du disque, sont réputés les trois endroits les plus obscurs de la Lune; au contraire, le point le plus éclatant est Aristarque, dont les sommets brillent quelquefois, dans l'ombre, d'un éclat presque stellaire. Toutes ces nuances d'ombre et de lumière affectent une plaque enduite d'iode, et, à l'aide de forts grossissements, se fixent au daguerréotype avec une fidélité merveilleuse. J'ai en ma possession une image de la Lune, obtenue de cette manière par un artiste distingué, M. Whipple, de Boston;

bien qu'elle n'ait pas plus de deux pouces de diamètre, on y reconnaît distinctement ce que l'on est convenu d'appeler des mers, ainsi que les enceintes de montagnes.

La forme circulaire qui frappe déjà les regards dans quelques-unes des mers, en particulier dans le Mare Crisium, le Mare Serenitatis et le Mare Humorum, se retrouve bien plus souvent encore et d'une manière générale dans les parties montagneuses de la Lune, surtout parmi les immenses groupes de montagnes qui couvrent l'hémisphère méridional du pôle à l'équateur, où ils se terminent en pointe. Un grand nombre de ces éminences annulaires et de ces circonvallations, dont les plus grandes ont, d'après Lohrmann, plus de 500 myriamètres carrés, forment des chaînes continues, parallèles au méridien, entre 5° et 40° de latitude australe ([22]). La région polaire boréale ne renferme proportionnellement qu'un très-petit nombre de ces enceintes de montagnes; elles forment au contraire un groupe non interrompu sur le bord occidental de l'hémisphère du Nord, entre 20° et 50° de latitude. Cependant le Mare Frigoris est à quelques degrés seulement du pôle boréal, qui, n'offrant comme toute la région plane du Nord-Est, que quelques cratères isolés, Platon, Mairan, Aristarque, Copernic et Képler, forme un contraste complet avec le pôle austral, tout hérissé de montagnes. Autour du pôle austral brillent des pics élevés, plongés durant des lunaisons entières dans une lumière perpétuelle; ce sont de véritables îles de lumière que l'on peut reconnaître avec des lunettes d'un faible grossissement ([23]).

Comme exceptions à ce type, si répandu sur la surface de la Lune, d'enceintes circulaires, il existe aussi de véritables chaînes de montagnes situées presqu'au milieu de l'hémisphère septentrional: tels sont les Apennins, le Caucase et les Alpes. Ces chaînes se dirigent du Sud au Nord, formant un arc incliné un peu vers l'Ouest, et couvrent environ 32 degrés de latitude. Dans cet espace, sont accumulés des dos de montagnes et des pics quelquefois fort aigus, auxquels se mêlent encore un petit nombre

de cirques et de dépressions en forme de cratères (Conon, Bradley, Callippe), mais dont l'ensemble se rapproche davantage de nos chaînes de montagnes. Les Alpes lunaires qui le cèdent en hauteur au Caucase et aux Apennins, j'entends le Caucase et les Apennins de la Lune, présentent une vallée transversale remarquablement large, qui coupe la chaîne dans la direction du Sud-Est au Nord-Ouest. Cette vallée est bordée de sommités dépassant en hauteur le pic de Ténériffe.

Si dans la Lune et sur la Terre on compare les hauteurs des montagnes aux diamètres de ces deux corps célestes, on arrive à ce résultat remarquable: que les montagnes lunaires, dont les plus hautes sont inférieures de 600 toises seulement à celles du globe terrestre, atteignent 1/454 du diamètre de la Lune, tandis que celles de la Terre, quatre fois plus grandes, ne dépassent pas 1/1481 de son diamètre ([24]). Parmi les 1095 altitudes mesurées sur la Lune, j'en trouve 39 supérieures à celle du mont Blanc, haut de 2462 toises, et 6 qui en ont plus de 3000. Ces mesures s'obtiennent soit par les rayons tangents, en déterminant la distance des sommets, qui restent éclairés dans la partie de l'ombre, à la limite d'ombre et de lumière, soit d'après la longueur des ombres portées. Galilée appliquait déjà la première de ces méthodes, comme on le voit dans sa lettre au Père Grienberger sur la Montuosità della Luna.

Suivant Mædler, qui a mesuré soigneusement les montagnes de la Lune d'après les longueurs des ombres portées, les points culminants sont par ordre de grandeur décroissante: au bord méridional, très-près du pôle, Doerfel et Leibnitz, 3800 toises; la montagne circulaire de Newton, dont l'excavation est telle que jamais le fond n'en est éclairé ni par la Terre ni par le Soleil, 3727 toises; Casatus à l'Est de Newton 3369 toises; Callippus dans la chaîne du Caucase 3190 toises; les Apennins, de 2800 à 3000 toises. Il faut remarquer ici que dans l'absence d'une surface générale de niveau, comme celle que nous fournit la mer, également distante dans toutes ses parties du centre du globe

terrestre, les altitudes absolues ne sont pas rigoureusement comparables entre elles, et que les nombres ci-dessus indiquent seulement, à vrai dire, les différences d'élévation entre les sommets et les plaines ou les dépressions les plus voisines ([25]). Il est assez surprenant que Galilée ait assigné aussi à ces hauteurs « incirca miglia quattro, » c'est-à-dire environ un mille géographique ou 3800 toises, ce qui, dans l'état de ses connaissances hypsométriques, les lui faisait regarder comme plus élevées que toutes les montagnes du globe terrestre.

La surface de notre satellite nous présente une apparence très-singulière et très-mystérieuse, qui provient d'un effet optique de réflexion. et non d'accidents hypsométriques: ce sont des *bandes lumineuses,* disparaissant sous un jour oblique, et qui, à l'inverse des taches, deviennent plus visibles lors de la pleine Lune, et semblent autant de systèmes rayonnants. Ces bandes ne sont pas des contre-forts de montagnes; elles ne jettent aucune ombre, et courent avec une égale intensité de lumière sur les plaines et les éminences, jusqu'à des hauteurs de 12000 pieds. Le plus étendu de ces systèmes rayonnants part du mont Tycho, sur lequel l'on peut distinguer plus de cent bandes lumineuses, généralement larges de plusieurs milles. Des systèmes analogues entourent les monts Aristarque, Képler, Copernic et les Carpathes, et sont presque tous reliés les uns aux autres. Il est difficile d'imaginer par analogie ou par induction, quelle altération particulière du sol peut déterminer la présence de ces rubans lumineux, rayonnant de certaines montagnes annulaires.

Le type arrondi dont nous avons fait mention plusieurs fois, et qui presque partout est dominant sur le disque de la Lune, soit dans les vallées, entourées de circonvallations dont le centre est souvent occupé par des montagnes, soit dans les grandes montagnes circulaires et dans leurs cratères, dont on compte 22 dans Bayer et 33 dans Albategnius, devait de bonne heure conduire un profond penseur, tel que Robert Hooke, à en chercher l'explication dans

la réaction de l'intérieur de la Lune contre sa partie extérieure. Il attribua donc ce phénomène à l'effet de feux souterrains et à l'irruption de vapeurs élastiques, ou même à un bouillonnement dégageant des bulles qui viennent crever à la surface. Des expériences faites avec des boues calcaires en ébullition lui parurent confirmer ses vues; et dès lors on compara les circonvallations et leurs montagnes centrales aux formes de l'Etna, du pic de Ténériffe, de l'Hécla et des volcans de Mexico, décrits par Gage ([26]).

En voyant une des vallées circulaires de la Lune, Galilée, frappé sans doute de ses dimensions, se l'était représentée, ainsi que lui-même le raconte, comme une vaste étendue de terre enfermée entre des montagnes. J'ai retrouvé un passage ([27]), dans lequel il compare ces bassins circulaires au grand bassin fermé de la Bohême. Plusieurs des vallées circulaires de la Lune ne sont point en effet très-inférieures en étendue à cette contrée; car elles ont un diamètre de 25 à 30 milles géographiques ([28]). Au contraire les montagnes annulaires, proprement dites, n'ont guère plus de 2 ou 3 milles de diamètre. Conon dans les Apennins en a 2; et un cratère qui appartient à la région lumineuse d'Aristarque n'a que 400 toises de largeur; c'est la moitié du cratère du Rucu-Pichincha, situé sur les hauts plateaux de Quito, et que j'ai mesuré moi-même trigonométriquement.

En comparant, sous le rapport de leur nature et de leurs dimensions, les phénomènes de la Lune et les phénomènes bien connus de la Terre, il est nécessaire de remarquer que la plupart des circonvallations et des montagnes annulaires de la Lune doivent être considérées comme des cratères de soulèvement à éruptions intermittentes, dans le sens où l'entend Léopold de Buch, mais infiniment plus vastes que les nôtres. Les cratères de soulèvement de Rocca Monfina, de Palma, de Ténériffe et de Santorin, que nous nommons grands, relativement aux dimensions qui nous sont familières en Europe, disparaissent en présence de Ptolémée, d'Hipparque et de beaucoup d'autres cratères de

la Lune. Palma n'a pas plus de 3800 toises de diamètre, Santorin d'après la nouvelle mesure du capitaine Graves en a 5200, Ténériffe 7600 tout au plus: ce n'est que 1/8 ou 1/6 des diamètres de Ptolémée ou d'Hipparque. A la distance de la Lune, les petits cratères du pic de Ténériffe et du Vésuve, qui ont trois à quatre cent pieds de diamètre, seraient à peine visibles au télescope. La grande majorité des cirques de la Lune n'ont point de montagne centrale, et là où il s'en trouve, ces montagnes se présentent, Hévélius et Macrobius entre autres, sous la forme d'un dôme ou d'un plateau, non point comme un cône d'éruption, muni d'une ouverture (29). Quant aux volcans ignés que l'on prétend avoir vus, le 4 mai 1783, dans l'hémisphère obscur de la Lune, et aux points lumineux observés sur le mont Platon par Bianchini, le 16 août 1725, et par Short, le 22 avril 1751, nous n'en parlons ici qu'à un point de vue purement historique. Depuis longtemps, en effet, on a déterminé les causes de ces illusions produites par des reflets plus vifs de la lumière terrestre, qui de certains points de notre globe vont frapper la partie obscure de la Lune (30).

Plusieurs fois déjà, on a fait cette remarque judicieuse que, en raison du manque d'eau sur la surface de la Lune, car les espèces de crevasses sans largeur et généralement en ligne droite, auxquelles on donne le nom de rigoles, ne sont nullement des fleuves (31), on peut se figurer notre satellite à peu près tel que dut être la Terre dans son état primitif, avant d'être couverte de couches sédimentaires riches en coquilles, de graviers et de terrains de transport, dus à l'action continue des marées ou des courants. A peine peut-on admettre qu'il existe dans la Lune quelques couches légères de conglomérats et de détritus formés par le frottement. Dans nos chaînes de montagnes, soulevées au-dessus des crevasses dont le globe terrestre est sillonné, on commence à reconnaître çà et là des groupes partiels d'éminences, qui représentent des espèces de bassins ovales. Combien la Terre ne nous paraîtrait-elle pas différente

d'elle-même, si nous la voyions dépouillée des formations tertiaires et sédimentaires, ainsi que des terrains de transport !

Sous toutes les zones, et plus que toutes les autres planètes, la Lune anime et décore l'aspect du firmament par la diversité de ses phases et par son rapide passage à travers les constellations. Sa lumière réjouit le cœur de l'homme et jusqu'aux animaux sauvages, surtout dans les forêts primitives des régions intertropicales ([32]). La Lune, grâce à l'attraction qu'elle exerce en commun avec le Soleil, met en mouvement l'Océan, déplace l'élément liquide sur la Terre, et par le gonflement périodique des mers et les effets destructifs des marées, change peu à peu les contours des côtes, favorise ou contrarie le travail de l'homme, et fournit la plus grande partie des matériaux dont se forment les grès et les conglomérats, recouverts à leur tour par les fragments arrondis et sans cohésion des terrains de transport ([33]). Ainsi la Lune agit sans cesse, comme source de mouvement, sur les conditions géologiques de notre planète.

L'influence incontestable de ce satellite sur la pression atmosphérique, sur la formation des brouillards et la dispersion des nuages, sera traitée dans la quatrième et dernière partie, du *Cosmos,* consacrée tout entière au domaine terrestre ([34]).

MARS

Le diamètre de cette planète, malgré la distance déjà plus considérable qui la sépare du Soleil, n'est que de 0,519 du diamètre de la Terre, ou de 641 myriamètres. L'excentricité de son orbite est de 0,093 2168 : ainsi, après Mercure, Mars est, de toutes les planètes anciennement connues, celle qui a la plus grande excentricité. Cette raison et aussi la proximité de la Terre, rendaient Mars particulièrement propre à mettre Képler sur la voie de ses immortelles lois des mouvements elliptiques. La rotation de

Mars, d'après Mædler et Wilhelm Beer, est de 24h 37′ 23″ (35). Sa révolution sidérale s'accomplit en 1a 321j 17h 30′ 41″. L'inclinaison de son orbite sur l'équateur terrestre est de 24° 44′ 24″; sa masse est de 1/2 680 337, sa densité par rapport à celle de la Terre de 0,958. De même que l'on a mis à profit la faible distance à laquelle la comète d'Encke s'est approchée de Mercure, pour mieux connaître la masse de cette planète, de même, quelque jour, celle de Mars pourra être rectifiée, au moyen des perturbations qu'elle apportera dans les mouvements de la comète de Vico.

L'aplatissement de Mars, dont, chose singulière, l'astronome de Koenigsberg persista à douter, a été reconnu pour la première fois par William Herschel, en 1784; mais une longue incertitude a régné quant à la valeur numérique de cette dépression. Elle était, suivant William Herschel, de 1/16. Arago l'a mesurée plus exactement, à deux reprises différentes, avec une lunette prismatique de Rochon; il n'a trouvé dans une première expérience, en 1824, que le rapport de 189 à 194, c'est-à-dire 1/38,8, et plus récemment, en 1847, 1/32; il est cependant disposé à croire l'aplatissement de Mars un peu plus considérable (36).

Si la surface de la Lune présente avec la Terre un grand nombre de relations géologiques, Mars n'offre avec notre planète que des analogies météorologiques. A part les taches obscures, dont les unes sont noirâtres, dont d'autres, en beaucoup plus petit nombre, sont d'un rouge jaune (37), et se détachent sur les régions verdâtres auxquelles on a donné le nom de mers (38), on observe encore alternativement sur le disque de Mars, soit aux pôles de rotation, soit aux pôles de température, deux taches d'un blanc de neige (39). Elles furent constatées dès 1716 par Philippe Maraldi; mais leur rapport avec les variations du climat, ne fut signalé que plus tard par William Herschel, dans les *Philosophical Transactions* pour 1784. Ces taches blanches grandissent ou diminuent alternativement, selon que le pôle qu'elles couvrent s'approche de sa saison d'hiver ou

d'été. Arago a mesuré avec la lunette de Rochon l'intensité de la lumière réfléchie par ces régions neigeuses, et l'a trouvée double de celle que renvoient toutes les autres parties du disque. Dans l'ouvrage intitulé *Physikalisch-astronomische Beitraege* de Maedler et Beer, on trouve d'excellents dessins de l'hémisphère boréal et de l'hémisphère austral de Mars ([40]), et ce phénomène singulier, unique dans tout le système planétaire, est déterminé à l'aide d'indications numériques, portant sur tous les changements de température dus aux diverses saisons, et sur tous les degrés de fusion par lesquels l'été fait passer ces neiges polaires. Une suite d'observations poursuivies avec soin pendant dix années ont montré aussi que les taches obscures de Mars conservent exactement leur forme et leur position relative. L'apparition périodique de ces dépôts de neiges, effet météorologique subordonné aux changements de la température, et quelques phénomènes optiques que présentent les taches sombres, dès que, par la rotation de la planète, elles sont transportées vers les extrémités du disque, rendent plus que probable l'existence d'une atmosphère enveloppant la planète de Mars.

LES PETITES PLANÈTES

Nous avons déjà présenté dans nos considérations générales sur les corps planétaires ([41]), les petites planètes, nommées aussi astéroïdes, planètes télescopiques ou ultra-zodiacales, comme un groupe intermédiaire, formant une zone de séparation entre les 4 planètes intérieures, Mercure, Vénus, la Terre et Mars, et les 4 planètes extérieures, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. L'inclinaison considérable et l'excentricité excessive de ses orbites entrelacées, ainsi que la petitesse extraordinaire des astres qui le composent, donnent à ce groupe le plus singulier caractère. Le diamètre de Vesta même ne paraît pas atteindre 1/4 de celui de Mercure. Au moment où fut publié, en 1845, le premier

volume de *Cosmos*, on ne connaissait encore que quatre de ces petites planètes : Cérès, Pallas, Junon et Vesta, découvertes par Piazzi, Olbers et Harding, du 1er janvier 1801 au 29 mars 1807 ; actuellement, au mois de juillet 1851, leur nombre s'est accru jusqu'à 14 ; c'est le tiers de tous les corps planétaires connus, y compris les satellites.

Si pendant longtemps les astronomes se sont appliqués à multiplier les membres des systèmes subordonnés, c'est-à-dire des satellites qui gravitent autour des planètes, ou ont dirigé leurs recherches vers les planètes situées dans les régions les plus reculées, au delà de Saturne et d'Uranus, aujourd'hui, depuis la découverte accidentelle de Cérès par Piazzi, et celle d'Astrée, due aux recherches de Hencke, on peut dire aussi depuis les perfectionnements apportés aux cartes célestes (42), particulièrement à celles de l'Académie de Berlin qui renferment toutes les étoiles de 9e grandeur, et en partie celles de 10e grandeur, une zone plus rapprochée de nous offre un champ peut-être inépuisable à l'activité des astronomes. C'est un mérite spécial de l'*Annuaire astronomique*, publié par le directeur de l'Observatoire de Berlin, Encke, et par le docteur Wolfers, de donner, avec les détails les plus circonstanciés, les éphémérides du groupe toujours croissant des petites planètes. Jusqu'à présent l'espace plus rapproché de l'orbite de Mars semble le plus riche en astéroïdes ; mais déjà il résulte des mesures prises que la largeur de cette zone, « en embrassant la différence des rayons vecteurs entre la distance périhélie la plus petite, qui est celle de Victoria, et la distance aphélie la plus grande, qui est celle d'Hygie, dépasse la distance de Mars au Soleil (43). »

J'ai déjà relevé plus haut les excentricités des orbites, qui atteignent leur maximum dans Cérès, Égérie et Vesta, dont Junon, Pallas et Iris, offrent au contraire le minimum (44), ainsi que les inclinaisons sur l'écliptique, qui vont décroissant à partir de Pallas (34° 37′) et d'Égérie (16° 33′), jusqu'à Hygie (3° 47′). J'insère ici la table générale des éléments concernant toutes les petites planètes, que je dois à l'obligeance de mon ami, le docteur Galle.

Eléments des 14 petites planètes, pour les temps de leur opposition, vers l'année 1851.

	FLORE	VICTORIA	VESTA	IRIS	MÉTIS	HÉBÉ	PARTHÉNOPE	ASTRÉE	ÉGÉRIE	IRÈNE	JUNON	CÉRÈS	PALLAS	HYGIE
E	1852 mars 24	1850 octobre 0	1851 juin 9	1851 octobre 1	1851 février 8	1851 juillet 12	1851 octobre 22,0	1851 avril 29,5	1852 mars 15,0	1851 juillet 1,0	1851 juin 11,5	1851 déc. 30,0	1851 nov. 5,0	1851 sept. 28,5
L	174° 45′	342° 18′	256° 58′	18° 56	126° 28′	311° 59′	17° 51′	197° 57′	162° 29	254° 15	276° 0	105° 55	72° 55	336° 45
π	32 51	301 57	250 52	41 22	71 7	15 17	317 5	135 45	118 17	179 10	54 20	147 59	121 25	228 2
Ω	110 21	235 28	103 22	259 44	68 29	138 51	124 59	141 28	43 18	86 51	170 53	80 49	172 45	287 38
i	5 53	8 23	7 8	5 28	5 36	14 47	4 37	5 19	16 33	9 6	13 3	10 37	34 37	3 47
μ	1086″,04	994″,51	977″,90	963″,05	962″,58	939″,65	926″,22	857″,50	854″,96	853″,77	813″,88	770″,73	768″,45	634″,24
a	2.2018	2,3349	2,3612	2,3855	2,3862	2,4249	2,4485	2,5774	2,5825	2,5849	2,6687	2,7673	2,7729	3,1514
e	0,15679	0,21792	0,08892	0,23259	0,12229	0,20186	0,09789	0,18875	0,08627	0,16786	0,25586	0,07647	0,23936	0,10092
U	1193j	1303j	1325j	1346j	1346j	1379j	1399j	1511j	1516j	1518j	1592j	1681j	1687j	2043j

E désigne l'époque de la longitude moyenne au temps moyen de Berlin; *L* la longitude moyenne de l'orbite; π la longitude du périhélie; Ω la longitude du nœud ascendant; *i* l'inclinaison sur l'écliptique; μ le mouvement diurne moyen; *a* le demi-grand axe; *e* l'excentricité; *U* la révolution sidérale exprimée en jours. Les longitudes sont rapportées à l'équinoxe de l'époque indiquée en tête de chaque colonne.

Les rapports complexes des orbites décrites par ces astéroïdes et le dénombrement de leurs groupes accouplés, ont fourni la matière de recherches ingénieuses, d'abord à Gould, en 1848 ([45]), puis tout récemment à d'Arrest. « Un fait, dit d'Arrest, semble surtout confirmer l'idée d'une liaison intime, qui rattacherait entre elles toutes les petites planètes ; c'est que, si on se figure leurs orbites sous la forme matérielle de cerceaux, ces cerceaux seront tellement entrelacés, que, au moyen de l'un quelconque d'entre eux, on pourrait soulever tous les autres. Si la planète Iris, découverte par Hind, au mois d'août 1847, nous était encore inconnue, comme beaucoup d'autres corps célestes qui sans doute restent à découvrir dans ces régions, le groupe se composerait de deux parties séparées, circonstance d'autant plus singulière, que la zone remplie par ces orbites est extrêmement vaste ([46]). »

Puisque nous en sommes à décrire, quoique d'une manière bien incomplète, chacun des membres qui composent le système solaire, nous ne pouvons quitter ce merveilleux essaim de planètes, sans rappeler les vues hardies d'un savant et profond astronome sur l'origine de ces astéroïdes et de leurs orbites entrelacées. Le fait, constaté par les calculs de Gauss, que Cérès, lors de son passage ascendant à travers le plan dans lequel se meut Pallas, arrive à une très-grande proximité de cette planète, conduisit Olbers à supposer, « que ces deux astres, Cérès et Pallas, pourraient bien être les fragments d'une seule planète, détruite par quelque force naturelle, qui aurait rempli autrefois la grande lacune de Mars à Jupiter, et que l'on doit s'attendre à rencontrer dans la même région de nouveaux débris analogues, décrivant aussi des orbites elliptiques autour du Soleil ([47]). »

Il est plus que douteux que l'on puisse calculer, même approximativement, l'époque de cet événement cosmique, qui doit remonter au moment où les petites planètes prirent naissance, tant est grande la complication causée par le grand nombre de débris déjà connus, par les mouve-

ments séculaires des apsides et de la ligne des nœuds ([48]). Olbers indiquait la ligne des nœuds des orbites décrites par Cérès et Pallas comme correspondant à l'aile septentrionale de la Vierge et à la Baleine. Ce fut, il est vrai, dans la Baleine que Harding découvrit par hasard Junon, en construisant un catalogue d'étoiles, deux ans à peine après la découverte de Pallas; et Olbers lui-même, guidé par son hypothèse, découvrit Vesta après cinq longues années de recherches, dans l'aile septentrionale de la Vierge. Ces résultats sont-ils suffisants pour mettre hors de doute la conjecture d'Olbers? ce n'est pas ici le lieu de décider une pareille question. Les nébulosités cométaires au travers desquelles on croyait autrefois voir les petites planètes, ont disparu sous l'investigation d'instruments plus parfaits. Olbers expliquait encore les changements considérables d'éclat, auxquels les petites planètes étaient, disait-on, sujettes, par la forme irrégulière que devaient naturellement avoir des fragments d'une planète unique, brisée et réduite en pièces ([49]).

JUPITER

La distance moyenne de Jupiter au Soleil peut être exprimée, en prenant pour unité la distance de la Terre au Soleil, par 5,202 767. Le diamètre moyen de cette planète, la plus grande de toutes, est de 14 517 myriamètres: il est par conséquent à celui de la Terre comme 11,255 est à 1, et dépasse d'environ 1/5 celui de Saturne. La révolution sidérale de Jupiter s'accomplit en 11^a 314^j 20^h $2'$ $7''$.

L'aplatissement de Jupiter, est, d'après les mesures micrométiques d'Arago, publiées en 1824 dans l'*Exposition du système du monde* (p. 58), comme 167 est à 177, c'est-à-dire qu'il est de 1/17,7, résultat très-voisin de celui auquel sont arrivés, en 1829, Beer et Maedler, d'après lesquels l'aplatissement de cette planète est compris entre 1/18, 7 et 1/21, 6 ([50]). Il est de 1/14, suivant Hansen et Sir John Herschel. La plus ancienne observation dont l'aplatissement de Jupiter fut l'objet, celle de Dominique Cas-

sini, est, ainsi que je l'ai déjà rappelé, antérieure à l'année 1666. Ce fait a une importance historique considérable, à cause de l'influence que, d'après la remarque de l'ingénieux David Brewster, l'aplatissement reconnu par Cassini eut sur les idées de Newton, touchant la figure du globe terrestre. Les *Principia Philosophiæ naturalis* confirment cette conjecture ; mais on pouvait avoir des doutes au sujet des dates auxquelles furent respectivement publiés les *Principia* et les observations de Cassini sur le diamètre polaire et le diamètre équatorial de Jupiter ([51]).

La masse de Jupiter étant, après celle du Soleil, l'élément le plus important de tout le système planétaire, on doit considérer comme un des résultats les plus féconds de l'astronomie mathématique l'évaluation plus précise qu'en a faite Airy, en 1834, d'après les élongations des satellites, notamment du 4e, et à l'aide des perturbations de Junon et de Vesta ([52]). La valeur de la masse de Jupiter a été augmentée relativement aux anciennes évaluations; celle de Mercure au contraire a été réduite. Aujourd'hui la masse de Jupiter, en y joignant les quatre satellites, est évaluée à 1/1047,879, tandis qu'elle n'était, suivant Laplace, que de 1/1066,09 ([53]).

La rotation de Jupiter s'accomplit, d'après Airy, en $9^h\ 55'\ 21''$, 3, temps moyen. Dominique Cassini, l'avait le premier déterminée, en 1665, à l'aide d'une tache, qui, pendant un grand nombre d'années, et jusqu'en 1691, se montra toujours avec la même couleur et les mêmes contours ([54]); il avait trouvé pour résultat de $9^h\ 55'$ à $9^h\ 56'$. La plupart des taches du même genre sont plus sombres que les bandes de Jupiter; mais elles ne paraissent pas appartenir à la surface même de la planète, puisque souvent quelques-unes d'entre elles, particulièrement les plus voisines des pôles, ont une autre vitesse angulaire que celles des régions équatoriales. D'après un observateur très-habile, Henri Schwabe, de Dessau, les taches obscures et bien circonscrites ont été vues alternativement, durant plusieurs années, dans l'une ou l'autre des deux zones ou ban-

des grisâtres qui bordent l'équateur au Nord et au Midi, jamais ailleurs. Il en résulte toujours que ces taches ne se forment point constamment dans les mêmes lieux. Quelquefois (je me réfère encore aux observations faites par Schwabe en novembre 1834), les taches de Jupiter, vues à travers une lunette de Fraunhofer, sous un grossissement 280 fois, ressemblaient à de petites taches du Soleil avec leur pénombre; mais leur obscurité était encore inférieure à celle des ombres des satellites. Le noyau n'est probablement autre chose qu'une partie du corps même de la planète, de sorte que, lorsque l'ouverture pratiquée dans l'atmosphère demeure toujours au-dessus du même point, le mouvement de la tache nous donne la vraie rotation de Jupiter. Il arrive aussi quelquefois que les taches se divisent comme celles du Soleil. Dominique Cassini avait reconnu ce fait dès l'année 1665.

Dans la région équatoriale de Jupiter, se trouvent deux larges bandes ou ceintures de couleur grise ou jaunâtre, qui, vers les bords, deviennent plus pâles et disparaissent enfin complètement. Leurs limites très-inégales sont changeantes; ces deux bandes sont séparées l'une de l'autre par une zone équatoriale fort brillante. La surface de la planète est couverte aussi vers les pôles, d'un grand nombre de bandes étroites, ternes et souvent interrompues, quelquefois même finement ramifiées, mais toujours parallèles à l'équateur. Ces divers aspects s'expliquent très-facilement, si l'on admet l'existence d'une atmosphère troublée en partie par des couches de nuages, dont la zone équatoriale reste transparente et pure de toutes vapeurs, grâce probablement à l'influence des vents alisés. Or la surface des nuages réfléchissant une lumière plus intense que la surface de la planète, la partie du sol que nous apercevons à travers l'air diaphane, ainsi que l'admettait déjà William Herschel, dans un Mémoire inséré en 1793, au 83e volume des *Philosophical Transactions*, doit nous paraître plus sombre que les couches nuageuses d'où rayonne une grande quantité de lumière réfléchie. C'est pourquoi des

bandes sombres et des bandes lumineuses alternent entre elles. Les premières paraissent d'autant moins obscures qu'on les observe plus près des bords, parce qu'alors le rayon visuel, dirigé obliquement sur la surface, ne l'atteint qu'après avoir traversé une couche atmosphérique plus épaisse et par suite réfléchissant une plus grande quantité de lumière ([55]).

SATELLITES DE JUPITER

Dès la brillante époque de Galilée, cette idée judicieuse avait pris naissance que, sous beaucoup de rapports et dans le temps et dans l'espace, le système subordonné de Jupiter offre en petit l'image du vaste système dont le Soleil est le centre. Cette vue rapidement propagée, et presqu'aussitôt après, l'observation des phases de Vénus, au mois de février 1610, n'ont pas peu contribué au succès général de la théorie de Copernic. Le groupe des 4 lunes de Jupiter, est, parmi les systèmes extérieurs, le seul groupe du même genre qui n'ait point été accru, depuis l'époque où il fut découvert par Simon Marius, le 29 décembre 1609, c'est-à-dire dans l'espace de près de deux siècles et demi ([56]).

La table suivante, dressée d'après Hansen, contient les temps des révolutions sidérales accomplies par les satellites de Jupiter, leur distance moyenne à la planète, exprimée en rayons de cette planète, leur diamètre, et leur masse évaluée en fractions de la masse de Jupiter :

SATELLITES	DURÉE d'une RÉVOLUT. SIDÉR.	DISTANCE à JUPITER	DIAMÈTRES en MYRIAMÈTRES	MASSE
1	1j 18h 28′	6,049	593	0,0000175281
2	3 13 14	9,623	555	0,0000232355
3	7 3 43	15,350	576	0,0000884972
4	16 16 32	26.998	493	0.0000426591

Si par conséquent la fraction 1/1047,879 exprime la masse de Jupiter et de ses satellites réunis, la masse de la planète, sans les satellites, est de 1/1048,059, c'est-à-dire qu'elle perd par cette soustraction environ 1/6000.

On a déjà comparé plus haut les satellites de Jupiter avec les satellites des autres systèmes, sous le rapport des grandeurs, des distances et des excentricités (Voyez, t. III, p. 396-399). L'intensité d'éclat des satellites de Jupiter ne varie point proportionnellement à leur volume : puisque, en général, le troisième et le premier, dont les diamètres sont comme 8 est à 5, paraissent les plus éclatants, et que le second, le plus petit et le plus dense de tous, est ordinairement plus lumineux que le quatrième, désigné d'habitude comme le moins brillant. On a remarqué aussi, dans l'éclat lumineux de ces satellites, des variations accidentelles, que l'on a attribuées, tantôt à des modifications de la surface, tantôt à des obscurcissements dans l'atmosphère qui les enveloppe ([57]). Tous semblent, du reste, réfléchir une lumière plus intense que la planète elle-même. Quand la terre se trouve entre Jupiter et le Soleil, et que les satellites, en se mouvant de l'Est à l'Ouest, paraissent entrer dans le bord oriental de la planète ; ils nous cachent peu à peu diverses parties du disque planétaire, et se détachant comme des points lumineux sur ce fonds plus obscur, peuvent être aperçus, au passage, même avec de médiocres grossissements. Ils sont de plus en plus difficiles à distinguer, à mesure qu'ils s'approchent du centre de la planète. Pound, l'ami de Newton et de Bradley, avait conclu de cette observation déjà ancienne que le disque de Jupiter était moins éclatant sur les bords qu'au centre. Suivant Arago, cette assertion, renouvelée par Messier, est sujette à des objections qui nécessitent des expériences nouvelles et plus délicates. Jupiter a été aperçu sans aucun de ses satellites, par Molineux au mois de novembre 1681, par William Herschel le 23 mai 1802, et par Griesbach le 27 septembre 1843. Cette invisibilité des satellites doit être entendue uniquement dans ce sens qu'ils correspondaient

au disque de Jupiter, et n'est pas en contradiction avec le théorème d'où l'on a déduit que les quatre satellites ne peuvent être éclipsés à la fois.

SATURNE

La durée de la révolution sidérale ou vraie de Saturne est de 29 ans 166 jours 23 heures 16′ 32″. Son diamètre moyen est de 11 507 myriamètres, c'est-à-dire qu'elle est à celle de la Terre comme 9,022 est à 1. La durée de la rotation, déduite de l'observation de quelques taches sombres, que produit sur la surface le renflement des bandes, est de 10h 29′ 17″ (58). A une telle vitesse correspond un aplatissement considérable. William Herschel évaluait cet aplatissement, en 1776, à 1/10,4. Bessel, après plus de trois années d'observations concordantes, a trouvé pour la grandeur apparente du diamètre polaire, à distance moyenne, 15″, 381 ; pour le diamètre équatorial, 17″,053 ; il reste ainsi pour l'aplatissement 1/10,2 (59). Le corps de la planète présente aussi des bandes, mais moins faciles à apercevoir que celles de Jupiter, bien qu'un peu plus larges. La plus constante de toutes est une bande grisâtre, située, à l'équateur, et suivie de plusieurs autres, dont les formes changeantes indiquent une origine atmosphérique. William Herschel n'a pas toujours trouvé ces bandes parallèles à l'anneau qui entoure la planète ; elles ne s'étendent pas non plus jusqu'aux pôles. Il est à remarquer que les régions polaires sont soumises à des changements d'éclat, dépendant des saisons qui se succèdent sur la planète. Dans l'hiver, le pôle devient toujours plus lumineux, phénomène qui rappelle les variations alternatives produites dans les régions neigeuses de Mars, et qui n'avait pas échappé à la sagacité de William Herschel. Que l'on doive attribuer cet accroissement d'intensité à la formation temporaire de glaces et de neiges, ou à l'accumulation des nuages, toujours est-il qu'il témoigne des effets produits sur une atmosphère par des variations de température (60).

Nous avons déjà donné, comme exprimant la masse de Saturne, la fraction 1/3501,6; le volume de cette planète est relativement immense, puisque son diamètre est les 4/5 du diamètre de Jupiter, d'où l'on conclut qu'elle a une densité très-faible qui doit décroître encore vers la surface. Si la densité était partout la même, c'est-à-dire égale aux 0,76 de celle de l'eau, l'aplatissement serait encore plus considérable.

La planète est entourée, dans le plan de son équateur, de deux anneaux au moins, tous deux fort minces et librement suspendus. Ils ont plus d'éclat que la planète elle-même; l'anneau extérieur est le plus brillant des deux ([61]). La division de l'anneau que Huygens avait découvert et signalé comme unique, en 1655 ([62]), fut bien remarquée d'abord par Dominique Cassini, en 1675, mais ne fut exactement décrite que par William Herschel, de 1789 à 1792. Depuis les observations de Schort, on a constaté plusieurs fois que l'anneau extérieur était divisé par des lignes légères, mais ces lignes n'ont jamais été bien constantes. Tout récemment, le 11 novembre 1850, Bond se servant à Cambridge, dans les États-Unis, de la grande lunette de Merz, munie d'un objectif de 14 pouces, a découvert, entre l'anneau dit intérieur et la planète, un troisième anneau plus sombre; et presque simultanément, le 25 novembre de la même année, Maidstone signalait le même fait en Angleterre. Ce troisième anneau est séparé du second par une ligne noire; il remplit un tiers de l'espace que jusqu'à présent on croyait libre entre le deuxième anneau et le corps de la planète, et à travers lequel des astronomes prétendent avoir vu de petites étoiles.

Les dimensions de l'anneau multiple de Saturne ont été déterminées par Bessel et par Struve. D'après Struve, le diamètre extérieur de l'anneau qui enveloppe les autres nous apparaît, à distance moyenne de la planète, sous un angle de 40",09, correspondant à 38 300 milles géographiques, et le diamètre intérieur, sous un angle de 35",29, qui équivaut à 33 700 milles; le diamètre extérieur du second an-

neau est de 34″, 47; le diamètre intérieur de 26″, 67. L'intervalle qui sépare le second anneau de la surface de la planète serait, d'après Struve, de 4″, 34. La largeur totale de ces deux anneaux réunis est de 3700 milles géographiques, la distance de l'anneau à la surface de Saturne d'environ 5000. Le vide qui sépare le premier anneau du second, et qu'indique le trait noir aperçu par Cassini, n'est que de 390 milles. On ne croit pas que l'épaisseur de ces anneaux dépasse 20 milles; leur masse est, d'après Bessel, 1/118 de la masse de Saturne. Ils offrent quelques inégalités de surface et quelques éminences, au moyen desquelles on a déterminé, d'une manière approximative, la durée de leur rotation, absolument égale à celle de la planete (63). Les irrégularités de leur forme se manifestent lors de la disparition de l'anneau, dont généralement une anse devient invisible avant l'autre.

Un phénomène très-remarquable est la position excentrique de Saturne, découverte par Schwabe à Dessau, en septembre 1827. Le globe de la planète n'est pas concentrique avec l'anneau, mais incline un peu vers l'ouest. Cette observation a été vérifiée, en partie à l'aide de mesures micrométriques, par Harding, Struve (64), John Herschel et South. De petites différences constatées dans la valeur de l'excentricité, à la suite d'une série d'observations faites concurremment par Schwabe, Harding et de Vico, différences qui paraissent périodiques, ont peut-être pour cause une oscillation du centre de gravité de l'anneau autour du point central de Saturne. C'est un fait curieux que, dès la fin du XVIIe siècle, un ecclésiastique d'Avignon, nommé Gallet, ait cherché vainement à fixer l'attention des astronomes sur la position excentrique de cette planète (65). Il est difficile, d'après la densité de Saturne, égale à peine aux 3/5 de celle de l'eau, et qui décroît encore vers la surface, de se représenter son état moléculaire et sa constitution matérielle, ou seulement de décider si le corps de la planète est à l'état fluide, qui est celui où les molécules ont le moins d'adhérence entre elles, ou à l'état solide, comme permet-

tent de le croire les analogies souvent citées du bois de sapin, du liége, de la pierre ponce, ou d'un liquide solidifié, la glace. L'astronome attaché à l'expédition de Krusenstern, Horner, est d'avis que l'anneau de Saturne est une ceinture de nuages, et prétend que les montagnes de la planète sont formées par des masses de vapeurs et de brouillards vésiculaires ([66]). L'astronomie conjecturale a ici le champ libre, mais les spéculations de deux astronomes américains, Bond et Peirce, sur les conditions de stabilité de l'anneau, ont une tout autre portée ([67]). C'est en partant de l'observation et de l'analyse mathématique que tous deux s'accordent à admettre la fluidité de l'anneau, ainsi que des variations continues dans la forme et la divisibilité de l'anneau extérieur. Si cet ensemble se conserve tel qu'il est, cela tient, suivant Peirce, à la position des satellites : sans cette influence conservatrice, l'équilibre ne pourrait se maintenir, malgré les inégalités de l'anneau.

SATELLITES DE SATURNE

Les cinq plus anciens satellites de Saturne furent découverts entre les années 1655 et 1684, à savoir : Titan le 6e dans l'ordre des distances, par Huygens ; Japhet le plus exterieur de tous, Rhéa, Téthys et Dioné, par Cassini. Ces découvertes furent suivies, en 1789, par une autre, due à William Herschel, qui révéla l'existence des deux satellites les plus voisins de la planète, Mimas et Encélade ; enfin le septième satellite, l'avant dernier dans l'ordre des distances, Hypérion, fut découvert presque simultanément par Bond à Cambridge, dans les États-Unis, et par Lassell, à Liverpool, en septembre 1848. Nous avons déja indiqué plus haut (*Cosmos*, t. I, p. 76 et t. III, p. 598) les volumes de ces satellites et leurs distances relatives à la planète principale. Je joins ici le tableau de leurs révolutions, et de leurs distances moyennes, exprimées en fractions du rayon équatorial de Saturne, d'après les observations faites par Sir John Herschel au cap de Bonne-Espérance, de 1835 à 1837 ([68]) :

	SATELLITES dans l'ordre de leurs distances A LA PLANÈTE	ORDRE de leur DÉCOUVERTE	DURÉE de LEUR RÉVOLUTION	DISTANCE MOYENNE
1	Mimas.	6	0j 22h 37' 22",9	3,3607
2	Encélade. . .	7	1 8 53 6,7	4,3125
3	Téthys. . . .	3	1 21 18 25,7	5,3396
4	Dioné.	4	2 17 41 8,9	6,8398
5	Rhéa.	5	4 12 25 10,8	9,5528
6	Titan.	1	15 22 41 25,2	22,1450
7	Hypérion. . .	8	22 12 ?	28,0000 ?
8	Japhet.	2	79 7 53 40,4	64,3590

Il existe un singulier rapport entre les révolutions des quatre premiers satellites les plus proches de Saturne. La durée de la révolution du troisième satellite (Téthys) est double de celle du premier (Mimas); et la durée de la révolution du quatrième (Dioné) est double de celle du second (Encélade). Ces résultats sont calculés à 1/800 près de la plus longue période. Je dois la communication de ce rapprochement curieux à une lettre que m'a écrite Sir John Herschel, au mois de novembre 1845. Les distances respectives des quatre lunes de Jupiter présentent aussi une certaine régularité; elles forment assez exactement la série 3, 6, 12. La distance de la seconde à la première, évaluée en diamètres de Jupiter, est de 3, 6; celle de la troisième à la seconde de 3, 7; celle de la quatrième à la troisième de 11, 6. Fries et Challis ont renchéri sur Titius, en cherchant à étendre sa loi à tous les systèmes de satellites, même à ceux d'Uranus ([69]).

URANUS

La grande conquête de William Herschel, la découverte d'Uranus, n'a point seulement accru le nombre des six pla-

nètes principales connues depuis des milliers d'années, et plus que doublé le diamètre du système solaire; elle a encore, 65 ans plus tard, par les perturbations mystérieuses auxquelles elle était soumise, conduit à la découverte de Neptune. Occupé, le 13 mars 1781, à observer un petit groupe d'étoiles situé dans les Gémeaux, Herschel reconnut la nature planétaire d'Uranus à la petitesse de son disque, qui grossissait, sous des amplifications de 460 et 932 fois, beaucoup plus que les étoiles voisines. Familier avec tous les phénomènes optiques, le grand astronome remarqua que, sous un fort grossissement, l'intensité lumineuse du nouvel astre diminuait d'une manière sensible, tandis qu'elle restait la même dans les étoiles fixes de même éclat, c'est-à-dire comprises entre la 6e et la 7e grandeur.

Herschel, lorsqu'il annonça pour la première fois l'existence d'Uranus, le présenta comme une comète ([70]); et ce furent seulement les travaux réunis de Saron, de Lexell, de Laplace et de Méchain, rendus d'ailleurs beaucoup plus faciles par la découverte que fit Bode en 1784 d'observations plus anciennes, dues à Tobie Mayer (1756) et à Flamsteed (1690), qui permirent de déterminer avec une rapidité singulière l'orbite elliptique et tous les éléments planétaires d'Uranus. La distance moyenne d'Uranus au Soleil est, d'après Hansen, de 19,182 39, en prenant pour unité la distance de la Terre au Soleil, ou de 294 200 000 myriamètres; l'inclinaison de son orbite sur l'écliptique est de 0° 46′ 28″; sa révolution sidérale s'accomplit en 84a 5j 19h 41′ 36″; son diamètre apparent, à distance moyenne de la terre, est de 3″ ,9. Sa masse que l'on avait évaluée, lorsqu'on commença à observer les satellites, à 1/17 918 ne s'élève, d'après Lamont, qu'à 1/24 605; il en résulte que sa densité est comprise entre celle de Jupiter et celle de Saturne ([71]). Herschel, lorsqu'il employait des grossissements de 800 à 2400 fois, avait déjà soupçonné l'aplatissement d'Uranus. D'après les mesures de Mædler, cet aplatissement parait tomber entre 1/10,7 et 1/9,9 ([72]). D'abord Herschel crut voir deux anneaux autour de la planète, mais cet observateur

éminent, habitué à soumettre toutes ses conjectures à un examen rigoureux, reconnut lui-même qu'il avait été trompé par un effet d'optique.

SATELLITES D'URANUS

« Uranus, dit Herschel le fils, est entouré de quatre et probablement de cinq ou six satellites. » Ces satellites présentent une singularité dont nous n'avons pas trouvé d'exemple jusqu'ici dans le système solaire: c'est que, tandis que tous les satellites de la Terre, de Jupiter, de Saturne, se meuvent ainsi que les planètes, de l'Ouest à l'Est, et que, sauf quelques planètes télescopiques, les orbites de tous ces corps sont peu inclinées sur l'écliptique, au contraire les satellites d'Uranus se meuvent de l'Est à l'Ouest, et leurs orbites à peu près circulaires forment avec l'écliptique un angle de 78° 58', c'est-à-dire qu'elles sont presque perpendiculaires à ce plan. Pour les satellites d'Uranus, comme pour ceux de Saturne, on doit bien distinguer l'ordre dans lequel ils se succèdent, suivant qu'ils sont rangés d'après leur distance à la planète, ou d'après la date de leur découverte. Tous les satellites d'Uranus ont été découverts par William Herschel: le 2e et le 4e en 1787, le 1er et le 5e en 1790, le 6e et le 3e en 1794. Dans les 56 ans qui se sont écoulés depuis la découverte du dernier satellite d'Uranus, le 3e dans l'ordre des distances, on a souvent, mais à tort, douté que cette planète eût bien réellement six satellites distincts. Les observations des vingt dernières années ont prouvé successivement que ces découvertes du grand observateur de Slough ne méritent pas moins de confiance que les autres. On a revu jusqu'ici le 1er, le 2e, le 4e et le 6e satellite d'Uranus. Peut-être même y faut-il ajouter le 3e, conformément à l'observation de Lassell, du 6 novembre 1848. Grâce à la vaste ouverture de son réflecteur, et à l'abondance de lumière qu'il obtenait de cette façon, Herschel le père, doué, il est vrai, d'une vue perçante, estimait qu'un grossissement de 157 fois suffit, avec des cir-

constances atmosphériques favorables; son fils croit nécessaire en général, pour apercevoir des disques si petits, qui ne sont guère que de simples points lumineux, d'employer un pouvoir amplifiant de 300 fois. Le 2e et le 4e satellite sont les premiers qui aient été revus, et ceux qui ont été le plus souvent et le plus soigneusement observés par Sir John Herschel, de 1828 à 1834, tant en Europe qu'au cap de Bonne-Espérance; ils l'ont été depuis par Lamont, à Munich, et par Lassell, à Liverpool. Lassell, du 14 septembre au 9 novembre 1847, et Otto Struve, du 8 octobre au 10 décembre de la même année, ont retrouvé aussi le 1er satellite d'Uranus. Le 6e et dernier a été retrouvé par Lamont le 1er octobre 1837. Il ne paraît pas que le 5e ait été revu, ni que le 3e l'ait été d'une manière assez satisfaisante ([73]). Ces détails ne laissent point d'être importants, en ce qu'ils sont de nature à mettre plus en défiance contre les prétendues preuves qu'on est convenu d'appeler des preuves négatives.

NEPTUNE

Le mérite d'avoir heureusement abordé et résolu un problème inverse de perturbations, consistant à calculer, d'après les perturbations d'une planète, les éléments du corps perturbateur inconnu, et d'avoir par une divination hardie, donné lieu à la première observation de Neptune, faite par Galle, le 21 septembre 1846; ce mérite appartient aux profondes combinaisons et au travail persévérant de Leverrier ([74]). C'est, ainsi que le dit Encke, la plus brillante des découvertes planétaires, c'est la première fois que des investigations purement théoriques ont permis de prédire l'existence et de montrer du doigt la place d'un astre nouveau. Il est juste de dire aussi que la recherche de ce corps céleste, sitôt couronnée de succès, a été favorisée par la perfection des cartes célestes de Bremiker, que possède l'Académie de Berlin ([75]).

Tandis que, parmi les planètes extérieures, la distance de Saturne au Soleil (9,55) est presque double de celle de

Jupiter (5,20), et celle d'Uranus (19,18) plus que double de celle de Saturne, il s'en faut de 10 rayons de l'orbite terrestre, c'est-à-dire de 1/3 de la distance de Neptune au Soleil (30,04), que cette distance soit double de celle d'Uranus. Ainsi la limite connue du système solaire est à 460 millions de myriamètres du corps central; c'est-à-dire que par la découverte de Neptune, la borne posée à nos connaissances en fait de corps planétaires, a été reculée de 165 millions de myriamètres, plus de 10,8 fois la distance de la Terre au Soleil. On pourra donc toujours, à mesure que l'on constatera les perturbations éprouvées par la dernière des planètes connues, en découvrir successivement de nouvelles, jusqu'à ce qu'elles échappent par l'éloignement à la puissance de nos télescopes (76).

D'après les plus récentes déterminations, la révolution de Neptune s'opère en 60126,7 jours, ou 164 ans, 226 jours, et son demi-grand axe est de 30,036 28. L'excentricité de son orbite, la plus faible de toutes après celle de Vénus, est de 0,008 719 46; sa masse est de 1/14 446; son diamètre apparent qui n'est suivant Encke et Galle, que de 2″,70, s'élève d'après Challis, à 3″,07, ce qui donne une densité de 0,230, relativement à celle de la Terre; la densité de Neptune dépasse par conséquent celle d'Uranus qui n'est que de 0,178 (77).

Peu de temps après la découverte de Neptune, Lassell et Challis crurent que cette planète était entourée d'un anneau. Lassell avait employé un grossissement de 567 fois, et avait essayé de déterminer l'inclinaison de cet anneau sur l'écliptique, inclinaison que l'on croyait considérable; mais des recherches postérieures ont constaté, pour Neptune comme pour Uranus, que l'anneau était purement imaginaire.

Je ne puis, dans cet ouvrage, que mentionner rapidement les travaux d'un géomètre bien distingué, de M. J.-C. Adams, du collége de Saint-John à Cambridge, travaux antérieurs sans contredit à ceux de Leverrier, mais qui sont restés inédits, et n'ont pas eu la consécration d'un succès

publie. Les faits historiques qui se rapportent à cette première tentative, ainsi qu'à l'heureuse découverte de Leverrier et de Galle, ont été détaillés avec impartialité et d'après les sources les plus sûres, dans deux publications, l'une de l'Astronome Royal Airy, l'autre de Bernhard de Lindenau (78). Ces efforts intellectuels, dirigés presqu'en même temps vers le même objet, témoignent d'une émulation glorieuse, et offrent d'autant plus d'intérêt qu'ils prouvent par le choix des secours que l'astronomie a empruntés, l'état brillant de la science qui est la plus haute application des mathématiques.

SATELLITES DE NEPTUNE

L'existence d'un anneau autour d'une planète ne s'est présentée encore qu'une seule fois. Cette rareté semble indiquer que la formation de ces sortes de ceintures flottantes tient au concours de conditions déterminées et difficiles à réunir. La présence de satellites autour des planètes extérieures, de Jupiter, de Saturne, d'Uranus, est au contraire un fait général sans exception. Lassell, dès le commencement du mois d'août 1847, reconnaissait avec certitude le premier satellite de Neptune, dans son grand réflecteur de 20 pieds de foyer et 24 pouces d'ouverture (79), découverte qui a été confirmée par Otto Struve, à Poulkowa, du 11 septembre au 20 décembre 1847 (80), et par Bond, directeur de l'observatoire de Cambridge, aux États-Unis, le 16 septembre 1847 (81). D'après les observations d'Otto Struve, la révolution du satellite s'accomplit en 5j 21′ 7″, l'inclinaison de son orbite sur l'écliptique est de 34°, 7′, sa distance au centre de la planète de 40 000 myriamètres, sa masse de 1/14 506. Trois ans plus tard, le 14 août 1850, Lassell découvrit un second satellite de Neptune, à l'aide d'un grossissement de 628 fois (82), mais cette dernière découverte n'a pas encore, que je sache, été confirmée par d'autres observateurs.

III.

LES COMÈTES

Bien que soumises à l'influence du corps central, les comètes, que Xénocrate et Théon d'Alexandrie appellent des nuées lumineuses, qui, suivant les expressions d'Apollonius le Myndien, fidèle en cela à une ancienne tradition chaldéenne, s'élèvent périodiquement dans les espaces célestes en décrivant une orbite immense et régulière, forment dans le système solaire un groupe d'astres complètement à part. Les comètes, en effet, ne se distinguent pas seulement des planètes proprement dites par leur immense excentricité ; elles présentent des changements de forme, des altérations dans les contours, qui parfois s'accomplissent en quelques heures, comme cela est arrivé, en 1744, pour la comète de Klinkenberg, si bien décrite par Heinsius, et en 1835, lors de la seconde apparition de la comète de Halley. Avant que notre système solaire eût été enrichi, grâce aux découvertes d'Encke, de comètes à courte période, ou comètes intérieures, c'est-à-dire enveloppées dans les orbites planétaires, des rêveries, engendrées par l'idée des rapports que l'on croyait exister entre la distance des planètes au Soleil et leur excentricité, leur volume et leur légèreté spécifique, avaient conduit à cette opinion : qu'au delà de Saturne on devait découvrir des pla-

nètes excentriques d'un volume énorme; « qui formeraient des degrés intermédiaires entre les planètes et les comètes; et peut-être même la dernière planète, coupant l'orbite de Saturne qui la précède immédiatement, méritait déjà le nom de comète ([83]). » Cette idée de l'enchaînement des formes dans la structure de l'univers, qui rappelle la doctrine, souvent mal appliquée, de la gradation des êtres dans la nature organique, était partagée par Emmanuel Kant, l'un des plus grands esprits du XVIIIe siècle. Uranus, puis Neptune, ont été aperçus par William Herschel et par Galle, le premier 26 ans, le second 91 ans après que le philosophe de Kœnigsberg eut dédié au grand Frédéric son *Histoire naturelle du Ciel;* mais ces deux planètes ont une excentricité moindre que celle de Saturne: l'excentricité de Saturne étant représentée par 0,056, celle de Neptune n'est que de 0,008, nombre peu différent de celui qui exprime l'excentricité de Vénus, si rapprochée du Soleil (0,006). Uranus et Neptune n'ont rien d'ailleurs des propriétés cométaires qu'on leur supposait.

A une époque récente, depuis l'année 1819, cinq comètes intérieures, découvertes successivement, ont suivi celle d'Encke. Elles paraissent former un groupe particulier, dans lequel la plupart des demi-grands axes ressemblent à ceux des petites planètes; aussi s'est-on demandé si ce groupe de comètes intérieures ne composait pas originairement un seul corps céleste, comme Olbers l'a conjecturé pour les petites planètes; si cette grande comète n'aurait pas été divisée en plusieurs par l'action de Mars, ainsi que cela est arrivé à la comète intérieure de Biéla, qui, lors de sa dernière apparition, en 1846, s'est séparée en deux, sous les yeux, pour ainsi dire, de l'observateur. De certaines ressemblances entre les éléments des petites planètes et ceux des comètes ont conduit le professeur Stephen Alexander, du collége de New-Jersey, à rechercher la possibilité d'une origine commune à ces astéroïdes et aux comètes, ou du moins à quelques-unes d'entre elles ([84]). D'après toutes les observations récentes, il n'y a pas lieu de s'appuyer sur

l'analogie tirée des atmosphères nébuleuses des astéroïdes. Si d'ailleurs les orbites de ces petites planètes sont contenues dans les plans divers, si même celle de Pallas offre l'exemple d'une extrême inclinaison, aucune d'elles néanmoins ne coupe, comme les comètes, les orbites des autres grandes planètes. Cette condition essentielle, quelle que soit l'hypothèse à laquelle on s'arrête sur la direction et la vitesse primitives de ces corps célestes, ne permet guère de leur attribuer une origine commune, à part même la différence de constitution qui distingue les comètes intérieures et les petites planètes, complètement dépourvues de nébulosité. Aussi Laplace, dans sa théorie de la formation des planètes par des anneaux de matière vaporeuse, circulant autour du Soleil, a-t-il cru devoir séparer complètement les comètes des planètes : « Dans l'hypothèse des zones de vapeurs, dit-il, et d'un noyau s'accroissant par la condensation de l'atmosphère qui l'environne, les comètes sont étrangères au système planétaire ([85]). »

En esquissant le Tableau de la Nature dans le premier volume du *Cosmos* ([86]), nous avons déjà fait remarquer que les comètes sont les corps qui, avec la plus faible masse, occupent le plus d'espace dans le domaine solaire, et qu'elles dépassent en nombre toutes les autres planètes. En effet, le calcul des probabilités fondé sur ce que l'on sait jusqu'à ce jour de l'étendue de leurs orbites, de leurs distances aphélies ou périhélies, et du temps durant lequel ces astres peuvent rester invisibles, révèle l'existence de plusieurs milliers de comètes. Il faut cependant excepter de cette comparaison les aérolithes ou astéroïdes météoriques, dont la nature est demeurée jusqu'ici enveloppée de beaucoup de ténèbres. Parmi les comètes, il y a lieu de distinguer celles dont on a calculé l'orbite et celles pour lesquelles il n'existe que des observations imparfaites ou seulement des indications recueillies dans les chroniques. D'après la récente énumération de Galle, le nombre exact des comètes déterminées était, en 1847, de 178; en y joignant celles dont l'existence seule a été signalée, le total ne s'élève pas à moins

de six ou sept cents. Lorsque la comète de 1682 reparut en 1759, ainsi que l'avait annoncé Halley, on considéra comme très-singulière l'apparition de trois comètes dans la même année. Mais aujourd'hui, telle est l'activité avec laquelle la voûte céleste est explorée simultanément, sur tant de points différents du globe terrestre, que, dans chacune des années 1819, 1825 et 1840, on en a aperçu et calculé quatre; on en avait observé cinq en 1826; ce nombre s'éleva jusqu'à huit en 1846.

Les derniers temps ont été plus riches que la fin du siècle précédent en comètes visibles à l'œil nu; cependant celles dont la tête et la queue sont éclatantes restent toujours un phénomène rare et remarquable. Il n'est point sans intérêt de rechercher combien de comètes visibles à l'œil nu se sont montrées en Europe, durant les derniers siècles ([87]). L'époque la plus riche a été le XVIe siècle, qui en a fourni 23. Le XVIIe en compta 12, dont 2 seulement dans les cinquante premières années. Au XVIIIe siècle, il n'en parut que 8, tandis que, dans la première moitié du XIXe, on en compte déjà 9, parmi lesquelles les plus belles sont celles de 1807, 1811, 1819, 1835 et 1843. Dans les temps antérieurs, il s'est souvent écoulé un intervalle de 40 à 50 ans, sans que ce spectacle se soit présenté une seule fois. Il est possible, au reste, que, dans les années qui semblent pauvres en comètes, il y ait eu beaucoup de grandes comètes à longue excursion, dont le périhélie est situé au delà des orbites de Jupiter et de Saturne. Quant aux comètes télescopiques, on en découvre en moyenne 2 ou 3 chaque année. Dans l'année 1840, en trois mois consécutifs, Galle a signalé trois nouvelles comètes; Messier en a trouvé 12, de 1764 à 1798; Pons en a découvert 27, dans l'intervalle de 1801 à 1807. Ainsi semble se vérifier la comparaison de Képler: *ut pisces in Oceano.*

Le dénombrement exact des comètes observées en Chine, qu'Édouard Biot a extrait du Recueil de Matuan-lin, n'a pas une moindre importance. Cette liste remonte plus haut que l'école Ionienne de Thalès, et le règne du roi Alyattes

de Lydie. Divisée en deux sections, elle comprend, dans la première, la position de toutes les comètes, depuis l'an 615 avant Jésus-Christ jusqu'à l'an 1222 de l'ère chrétienne, et, dans la seconde, les comètes qui ont paru depuis 1222 jusqu'en 1644, période remplie par la dynastie des Ming. Je répète ici ce que j'ai fait remarquer déjà dans le premier volume du *Cosmos* (p. 454, note 42), que, pour les comètes comprises entre le milieu du IIIe siècle et la fin du XIVe, les calculs reposent uniquement sur les renseignements des Chinois, et que la comète de 1456, une des apparitions de celle de Halley, est la première dont les éléments aient été déterminés d'après les seules observations européennes. Ces observations, dues à Regiomontanus, furent suivies par d'autres fort exactes, que fit Apian à Ingolstadt, au mois d'août 1531, lors d'une réapparition de la comète de Halley. Dans l'intervalle, au mois de mai 1500, se place une comète d'un grand éclat, la grande Asta, que le peuple, en Italie, appelait *Signor Astone*, et dont le souvenir se rattache à des voyages de découverte en Afrique et au Brésil ([88]). Guidé par la ressemblance des éléments, Laugier a retrouvé dans les indications chinoises une septième apparition de la comète de Halley, qui eut lieu en 1378 ([89]) ; de même que la troisième comète de 1840, découverte par Galle le 6 mars ([90]), paraît identique à celle de 1097. Les Mexicains avaient aussi l'habitude de rattacher, dans leurs annales, les événements considérables aux comètes et à d'autres phénomènes célestes. Ce n'est, chose singulière, que dans le catalogue chinois, où elle est rapportée au mois de décembre, que j'ai pu reconnaître la comète de 1490, dont j'ai trouvé le signalement dans le manuscrit mexicain de Le Tellier, et dont j'ai fait joindre un dessin à mes *Monuments des peuples indigènes de l'Amérique* ([91]). Les Mexicains avaient enregistré cette comète 28 ans avant le premier débarquement de Cortez sur les côtes de Veracruz (Chalchiuhcuecan).

J'ai traité en détail dans le premier volume du *Cosmos* (p. 80-87), d'après l'autorité de Heinsius (1744), de Bessel,

de Struve et de Sir William Herschel, tout ce qui a trait à la forme des comètes, à leurs variations d'éclat, de couleur et de figure, aux effluves de leur tête qui se recourbent en arrière pour former la queue ([92]). La magnifique comète de 1843 ([93]), que Bowring put voir, semblable à un petit nuage blanc, à Chihuahua, depuis neuf heures du matin jusqu'au coucher du soleil, et qui fut observée en plein midi, à Parme, par Amici, à 1° 23′ à l'Est du Soleil ([94]), n'est point la seule qui ait été aperçue dans ces circonstances; plus récemment encore, la première comète de 1847, découverte par Hind près de la Chèvre, a été visible également à Londres, dans le voisinage du Soleil, au moment même de son périhélie.

Afin d'éclaircir ce que nous avons dit plus haut de la remarque faite par les astronomes chinois, à l'occasion de la comète qui parut au mois de mars 837, sous la dynastie Thang, j'insère ici la traduction d'un passage extrait de Ma-tuan-lin, dans lequel est exprimée la loi qui règle la direction de la queue des comètes: « En général, pour une comète placée à l'Est du Soleil, la queue, à partir du noyau, se dirige vers l'Est; si la comète au contraire paraît à l'Ouest du Soleil, la queue se tourne vers l'ouest ([95]). » Fracastor et Apian disent avec plus de précision et de justesse: « Qu'une ligne menée suivant l'axe de la queue et prolongée au delà de la tête, va passer par le centre du Soleil. » Ces mots de Sénèque: « Les queues des comètes fuient devant les rayons du Soleil » (*Questions naturelles* liv. VII, chap. 20) sont également caractéristiques. Parmi les planètes et les comètes actuellement connues, les temps des révolutions sidérales, dépendant du demi-grand axe, offrent les rapports suivants: pour les planètes, les révolutions les plus courtes sont aux plus longues comme 1 à 683, elles sont, parmi les comètes, comme 1 est à 2670. On a comparé, pour établir ce calcul, d'une part, Mercure qui fait sa révolution en 87 jours 97/100, avec Neptune qui accomplit la sienne en 60 126 jours 7/10, d'autre part, la comète d'Encke dont la période est de 3 années 3/10,

avec celle de 1680, observée par Gottfried Kirch, à Cobourg, par Halley et par Newton, et qui ne met pas à décrire son ellipse moins de 8814 ans. J'ai déjà indiqué, d'après un excellent Mémoire d'Encke (*Cosmos*, t. I, p. 90 et t. III, p. 417-419) la distance entre l'étoile fixe la plus rapprochée de nous, α du Centaure, et l'aphélie de la comète de 1680. J'ai signalé la lenteur avec laquelle cette comète se meut dans la portion extrême de son orbite, parcourant à peine 3 mètres par seconde; j'ai rappelé la distance, égale à peine à 6 fois la distance de la Lune, à laquelle la comète de Lexell s'est approchée de la Terre en 1770, et la distance moins considérable encore où se sont trouvées, relativement au Soleil, la comète de 1680 et surtout celle de 1843. D'après les éléments de la seconde comète de 1819, dont le volume énorme apparut subitement en Europe, se dégageant des rayons du Soleil, on conclut qu'elle passa le 26 juin devant le disque solaire ([96]); malheureusement elle resta inaperçue. La même chose a dû arriver pour la comète de 1823, qui, outre la queue ordinaire opposée au Soleil, en offrait une autre dirigée vers cet astre. Si les queues des deux comètes étaient longues, elles ont dû mêler à notre atmosphère quelques portions de leur substance nébuleuse, comme cela a certainement eu lieu plus d'une fois. On s'est même demandé si les singuliers brouillards de 1783 et de 1831 qui couvraient une grande partie du continent européen, n'étaient point la conséquence d'un pareil accident ([97]).

Tandis que d'un côté l'on compare la quantité de chaleur reçue par les comètes de 1680 et de 1843, dans leur périhélie, à la température focale d'un miroir ardent de 32 pouces ([98]), un astronome éminent, auquel je suis uni par une vieille amitié ([99]), Lindenau, veut que, en raison de leur excessive légèreté spécifique, toutes les comètes sans noyau solide ne reçoivent aucune chaleur du Soleil, et se maintiennent à la température des espaces environnants ([100]). Si l'on considère les nombreuses et frappantes analogies des phénomènes que présentent, d'après Melloni

et Forbes, les sources sombres ou brillantes de la chaleur, il semble difficile, eu égard à l'état actuel de nos connaissances physiques et au lien qui les unit entre elles, de ne pas admettre la présence dans le Soleil de causes produisant simultanément, par les vibrations de l'éther, c'est-à-dire par des ondulations de longueurs différentes, le rayonnement de la lumière et celui de la chaleur. Pendant longtemps, on a rappelé dans les écrits astronomiques une prétendue éclipse de la Lune par une comète, en 1454. Le premier traducteur du Byzantin George Phranza, le jésuite Pontanus, avait cru en trouver l'indication dans un manuscrit, à Munich. Ce passage d'une comète entre la Lune et la Terre est aussi peu véritable que celui de la comète de 1770, dont s'était porté garant Lichtenberg. La première publication complète de la Chronique de Phranza eut lieu à Vienne en 1796; on y lit textuellement: Que l'an du monde 6962, durant une éclipse de lune, une comète semblable à un nuage léger, et décrivant une orbite à la manière des corps célestes, apparut et s'approcha du disque lunaire. La date indiquée, qui répond à l'an de notre ère 1450, est inexacte, puisque Phranza dit positivement que le phénomène est postérieur à la prise de Constantinople, qui eut lieu le 19 mai 1453; et en effet il y eut une éclipse de lune le 12 mai 1454. On peut voir à ce sujet Jacobs, dans la *Correspondance mensuelle* de Zach, t. XXIII, 1811, p. 196-202.

Leverrier a étudié avec soin les rapports de distance qui ont pu exister entre les satellites de Jupiter et la comète de Lexell, et les perturbations que cette remarquable comète a éprouvées par leur influence, sans réagir sur la durée de leur révolution. Messier, lorsqu'il la découvrit, le 14 juin 1770, la prit pour une faible nébulosité dans le Sagittaire; et huit jours après, le noyau brillait déjà comme une étoile de deuxième grandeur. Avant que la comète n'arrivât au périhélie, on ne voyait aucun vestige de queue; lorsqu'elle eut dépassé ce point, il s'en développa une qui avait à peine un degré de longueur. Lexell reconnut que

cette comète décrivait une orbite elliptique, et opérait sa révolution en 5 années 585/1000, ce qui fut confirmé par Burckardt, dans un excellent Mémoire publié en 1806. D'après Clausen, la comète de Lexell s'est approchée de la Terre, le 1[er] juillet 1770, à une distance de 363 rayons terrestres, c'est-à-dire 231 000 myriamètres, ou 6 fois la distance de la Terre à la Lune. La raison pour laquelle cette comète ne fut aperçue ni plus tôt, au mois de mars 1776, ni plus tard, au mois d'octobre 1781, est établie à l'aide de l'analyse, par Laplace, dans le ɪᴠ[e] tome de la *Mécanique céleste.* Conformément aux conjectures de Lexell, Laplace a démontré que ce fait était dû à des influences perturbatrices, qui se sont exercées à l'approche de la comète, en 1767 et en 1779, dans les portions de l'espace occupées par le système de Jupiter. Leverrier a trouvé, que, suivant une première hypothèse sur l'orbite de la comète de Lexell, cette comète aurait traversé en 1779 les orbites des satellites de Jupiter, et que d'après une autre hypothèse, elle serait restée fort loin en dehors de l'orbite du quatrième satellite (1).

Il est extrêmement difficile de déterminer l'état moléculaire des différentes parties d'une comète, de la tête ou du noyau, qui ont si rarement des contours arrêtés, aussi bien que de la queue. Cela tient à ce que le noyau même n'occasionne aucune réfraction des rayons lumineux, et que, d'après l'importante découverte d'Arago (*Cosmos,* t. I, p. 84 et 329, notes 49-51), il existe dans la lumière des comètes une portion de lumière déjà polarisée, c'est-à-dire de lumière solaire réfléchie. Bien que les moindres étoiles restent visibles sans diminution d'éclat, à travers les émanations brumeuses qui forment la queue des comètes, et presque à travers le centre du noyau ou du moins fort près du centre, comme le disait déjà Sénèque : (per Cometem non aliter quam per nubem ulteriora cernuntur, *Quæst. Natur.*, lib. VII, cap. 18), cependant Arago a démontré, dans des expériences dont j'ai été témoin, que ces enveloppes nébuleuses, malgré leur rareté, sont suscepti-

bles de réfléchir une lumière étrangère ([2]), de sorte que les comètes n'ont « qu'une diaphanéité imparfaite ([3]), puisque la lumière ne les traverse pas sans obstacle. » L'intensité d'éclat que présentent quelquefois des nébulosités si légères, comme cela est arrivé pour la comète de 1843, ou l'aspect stellaire du noyau, excitent l'étonnement, parce qu'on est tenté de tout rapporter à la réflexion des rayons solaires. Mais ne se peut-il pas que, outre cette lumière empruntée, les comètes dégagent elles-mêmes une lumière propre?

De la queue des comètes, longue de plusieurs millions de lieues, et épanouie le plus souvent en éventail, se détachent, par l'émanation ou l'évaporation, des particules qui se répandent dans les espaces. Là elles forment peut-être elles-mêmes ce milieu résistant qui resserre peu à peu l'orbite de la comète d'Encke ([4]); peut-être aussi se mêlent-elles à la matière cosmique qui ne s'est point condensée en corps célestes et n'a pas servi à former la lumière zodiacale. Des parties matérielles disparaissent presque sous nos yeux, et nous soupçonnons à peine la portion de l'espace où elles s'agrégent de nouveau. Bien qu'aujourd'hui il paraisse très-probable que la densité du fluide gazeux répandu à travers les espaces augmente dans le voisinage du Soleil, on ne peut cependant pas, pour expliquer l'amoindrissement que le noyau des comètes éprouve, selon Walz, auprès du Soleil, se représenter ce fluide condensé comme agissant par la compression sur une enveloppe vésiculaire ([5]). Généralement, les contours des effluves cométaires sont fort indécis, et l'on ne peut savoir au juste où finit la nébulosité qui réfléchit la lumière. Il n'en est que plus remarquable et plus instructif, quant à la constitution de certaines comètes, de voir, en quelques occasions, dans la portion antérieure parabolique de l'astre, une netteté de contours à peine égalée par les groupes de nuages de notre atmosphère. C'est ce qui est arrivé pour la comète de Halle, au cap de Bonne-Espérance, vers la fin du mois de janvier 1836. Sir John Herschel comparait cette

apparence inusitée, qui témoignait de l'intensité de l'attraction mutuelle exercée par les molécules, à l'aspect d'un vase d'albâtre vivement éclairé à l'intérieur (6).

Depuis la publication du premier volume du *Cosmos*, il s'est produit dans le monde des comètes un événement dont on avait à peine auparavant soupçonné la possibilité. La comète intérieure et à courte période de Biéla, qui accomplit son ellipse en 6 ans 1/2, s'est partagée en deux comètes de même forme, mais de grandeur différente, chacune d'elles ayant une tête et une queue. Aussi longtemps qu'on a pu les observer, elles ne se sont point réunies, et ont cheminé presque parallèlement. Le 19 décembre 1845, Hind avait déjà remarqué, dans la comète encore intacte, une sorte de protubérance vers le Nord; mais le 21, d'après l'observation d'Encke à Berlin, on n'apercevait aucun indice de séparation. La division déjà effectuée fut reconnue pour la première fois le 29 du même mois, dans l'Amérique septentrionale, et en Europe, vers le milieu et à la fin du mois de janvier 1846. Le nouvel astre, le plus petit des deux, précédait le plus grand dans la direction du Nord. La distance de l'un à l'autre fut d'abord de 3′; plus tard, le 20 février, elle était de 6′, d'après l'intéressant dessin d'Otto Struve (7). L'éclat de chacune d'elles était changeant; de sorte que le second astre augmentant peu à peu d'intensité, surpassa quelque temps en lumière la comète principale. Les enveloppes nébuleuses qui entouraient chaque noyau, n'avaient aucun contour déterminé: celle qui entourait la plus grande comète offrait un gonflement peu lumineux vers le Sud-Sud-Ouest, mais la partie du ciel qui les séparait fut notée à Poulkowa comme libre de toute nébulosité (8). Quelques jours plus tard, le lieutenant Maury aperçut à Washington, avec un instrument dioptrique de Munich, de 9 pouces de diamètre, des rayons que l'ancienne comète envoyait vers la nouvelle, de sorte que pendant quelque temps il y eut une sorte de pont jeté de l'une à l'autre. Le 24 mars, la petite comète diminuant insensiblement d'éclat n'était déjà presque plus re-

connaissable. On vit encore la plus grande jusque vers le 16 ou le 20 avril, où elle disparut à son tour. J'ai décrit le développement de ce phénomène extraordinaire avec tous les détails que l'on a pu constater (9). Il est à regretter que le fait même de la séparation et l'état qui l'a précédée aient échappé aux observateurs. La comète formée aux dépens de la première est-elle devenue invisible par suite de l'éloignement et de la faiblesse de la lumière, ou s'est-elle dissoute? reparaîtra-t-elle accompagnant la planète principale, et la comète de Biéla offrira-t-elle encore, lors de ses retours successifs, de semblables anomalies?

La naissance d'un nouveau corps planétaire par voie de disjonction soulève naturellement la question de savoir: si dans la multitude des comètes circulant autour du Soleil, il n'en est pas plusieurs qui aient été engendrées de cette manière, si ce phénomène ne se reproduit pas encore tous les jours, si enfin, soit par l'inégale vitesse de leur révolution, soit parce qu'elles ne subissent pas au même degré l'influence des perturbations, les comètes ainsi décomposées ne sont point lancées sur des orbites différentes? Stephen Alexander, dans un Mémoire déjà cité, a cherché à expliquer la génération de toutes les comètes intérieures par une hypothèse de ce genre, mais sans fournir de raisons assez concluantes. Il paraît que de semblables événements se sont produits dans l'antiquité; malheureusement ils n'ont pas été décrits avec assez de détails. Sénèque rapportant d'après un témoin, qu'il déclare lui-même peu digne de confiance, que la comète à laquelle on attribua la destruction des villes de Hélice et de Bura, se divisa en deux parties, ajoute ironiquement: « Pourquoi personne n'a-t-il jamais vu deux comètes se réunir en une seule (10)? » Les astronomes chinois parlent de trois comètes accouplées qui parurent en l'an 896, et parcoururent leur orbite de conserve (11).

Dans le grand nombre de comètes dont les éléments ont été calculés jusqu'à ce jour, nous en connaissons huit dont la révolution s'accomplit en moins de temps que celle de

Neptune. Parmi elles six sont intérieures, c'est-à-dire que leur aphélie se trouve en deçà de l'orbite de cette planète; ce sont: les comètes d'Encke (aphélie 4,09), de Vico (5,02), de Brorsen (5,64), de Faye (5,93), de Biéla (6,19) et de d'Arrest (6,44). Ces six comètes intérieures ont toutes leur aphélie compris entre celui d'Hygie (3,15) et une limite extrême située par delà l'aphélie de Jupiter (5,20), à une fois et 1/4 la distance de la Terre au Soleil. Les deux autres comètes qui accomplissent leur révolution en moins de temps que Neptune, sont la comète de 74 ans d'Olbers et la comète de 76 ans de Halley. Jusqu'en 1819, époque à laquelle Encke reconnut le premier l'existence d'une comète intérieure, les deux comètes d'Olbers et de Halley restèrent, entre toutes les comètes dont on avait calculé les éléments, celles dont le retour était le plus prompt. La comète d'Olbers de 1815, et celle de Halley atteignent, à leur aphélie, une distance qui dépasse seulement de 4 rayons de l'orbite terrestre pour l'une, de 5 rayons et 2/5 pour l'autre, la limite en deçà de laquelle, depuis la découverte de Neptune, elles seraient considérées comme intérieures. Bien que cette limite soit variable, et que la dénomination de comète intérieure puisse recevoir des applications nouvelles, par la découverte de planètes situées au delà de Neptune, elle a cependant sur la dénomination d'astre à courte période, cet avantage qu'elle dépend au moins de quelque chose de déterminé, durant chaque phase de nos connaissances. Les périodes des six comètes intérieures, actuellement calculées avec précision, ne varient, il est vrai, que de 3 ans 3/10 à 7 ans 4/10; mais si la 6ᵉ comète de 1846, découverte à Naples par Péters, le 26 juin, dont le demi-grand axe est de 6,32 revient réellement après un intervalle de 16 années [12], on peut prévoir que peu à peu on trouvera des comètes intermédiaires, quant à la durée des révolutions, entre celle de Faye et celle d'Olbers. Il serait donc, dans l'avenir, difficile de déterminer une ligne de démarcation entre les comètes à longue et à courte période. Nous insérons ici la table dans laquelle le docteur Galle a réuni les éléments des six comètes intérieures.

Élements des 6 comètes intérieures pour lesquelles les calculs sont complets.

NOMS DES COMÈTES	ENCKE	DE VICO	BRORSEN	D'ARREST	BIELA	FAYE
Passage au périhélie, au temps moyen de Paris. .	1848 nov. 26 2h 55′ 5″	1844 sept. 2 11h 55′ 57″	1846 févr. 25 9h 8′ 1″	1851 juil. 8 16h 57′ 25″	1846 févr. 10 25h 51′ 36″	1843 oct. 17 3h 42′ 16″
Longitude du périhélie. .	157° 47′ 8″	342° 30′ 55″	116° 28′ 15″	322° 59′ 46″	109° 2′ 20″	49° 34′ 19″
Longitude du nœud ascend.	334 22 12	63 49 17	102 40 58	148 27 20	245 54 59	209 29 19
Inclinaison sur l'écliptique.	13 8 36	2 54 50	30 55 55	13 56 12	12 34 53	11 22 31
Demi-grand axe.	2,214814	3,102800	3,146494	3,461846	3,524522	3,811790
Distance périhélie. . . .	0,337032	1,186401	0,650105	1,173976	0,856448	1,692579
Distance aphélie.	4,092595	5,019198	5,642884	5,749717	6,192596	5,931001
Excentricité.	0,847828	0,617655	0,793388	0,660881	0,757005	0,555962
Révolution en jours. . . .	1204	1996	2059	2555	2417	2718
Révolution en années. . .	3,30	5,47	5,58	6,44	6,62	7,44
Auteurs des calculs.	Encke, *Astr. Nachr.* XXVII, p. 115.	Brünnow. Mémoire couronné. Amst. 1849.	Brünnow, *Astr. Nachr.* XXIX, p. 377.	d'Arrest. *Astr. Nachr.* XXXIII, p. 125	Plantamour. *Astr. Nachr.* XXV, p. 117.	Leverrier. *Astr. Nachr.* XXIII. p. 196.

Il résulte de l'aperçu qui précède que 32 ans à peine se sont écoulés entre le moment où la comète d'Encke a été reconnue être une comète intérieure et celui où a été découverte la comète également intérieure de d'Arrest ([13]). Yvon Villarceau a donné aussi, dans les *Nouvelles astronomiques* de Schumacher, les éléments elliptiques de la comète de d'Arrest. Il a présenté, conjointement avec Valz, quelques hypothèses sur l'identité de cette comète avec celle de 1678, observée par La Hire et calculée par Douwes. Deux autres comètes, la 3e de 1819, découverte par Pons et calculée par Encke, et la 4e de la même année, découverte par Blanpain, et identique, d'après Clausen, avec la première de 1743, paraissent aussi accomplir leur révolution en cinq ou six ans; mais ces deux astres ne peuvent encore être cités à côté de ceux dont les éléments, grâce à des observations répétées et précises, ont été calculés avec plus de certitude et de perfection.

L'inclinaison des orbites des comètes intérieures sur l'écliptique est généralement faible et comprise entre 3° et 13°; celle de la comète de Brorsen est seule considérable et ne va pas à moins de 31°. Toutes les comètes intérieures découvertes jusqu'à ce jour ont, comme toutes les planètes et les satellites de notre système solaire, un mouvement direct de l'Ouest à l'Est. Sir John Herschel a signalé à l'attention le phénomène très-particulier d'une marche rétrograde parmi les comètes faiblement inclinées sur l'écliptique ([14]). Ce mouvement inverse, qui ne se rencontre que dans une classe spéciale de corps planétaires, est d'une grande importance, en ce qu'elle peut éclairer l'opinion régnante sur l'origine des membres d'un même système, sur la force et sur la direction de l'impulsion première. Cela nous fait voir que le monde des comètes, bien que les immenses distances qui l'en séparent ne puissent le soustraire à l'influence du corps central, a cependant son individualité propre, et jouit d'une indépendance relative. Cette considération a conduit à l'hypothèse que les comètes sont les plus anciens de tous les corps planétaires, qu'elles forment

pour ainsi dire le type originel de la matière diffuse qui remplit les espaces célestes ([15]). On se demande subsidiairement si, malgré l'immense intervalle qui sépare encore l'étoile la plus rapprochée dont nous connaissions la parallaxe et l'aphélie de la comète de 1680, quelques-uns des astres cométaires qui font des apparitions au firmament ne traverseraient pas notre système en simples passagers, voyageant de soleil en soleil.

A la suite du groupe des comètes, je place, comme se rattachant très-probablement au système solaire, la lumière zodiacale; et en dernier lieu j'arrive à ces essaims d'astéroïdes météoriques qui tombent de temps à autre sur la surface de notre globe, et dont quelques astronomes contestent l'existence, en tant que corps célestes. Comme, à l'exemple de Chladni, d'Olbers, de Laplace, d'Arago, de John Herschel et de Bessel, je tiens positivement les aérolithes pour des corps étrangers à la terre et d'origine cosmique, je puis bien, à la fin d'un chapitre consacré aux astres errants, exprimer la confiance dont je suis pénétré, que l'opinion contraire disparaîtra un jour, à l'aide d'observations plus précises sur les aérolithes, les bolides et les étoiles filantes, comme a disparu depuis longtemps l'opinion universelle qui, jusqu'au XVIe siècle, attribuait aux comètes une origine météorique. Déjà cependant ces astres étaient pour la corporation des prêtres Chaldéens de Babylone, pour une grande partie de l'école pythagoricienne et pour Apollonius le Myndien, des corps célestes, qui revenaient à des époques déterminées, en décrivant de vastes orbites; au contraire, la grande école antipytagoricienne d'Aristote, et Épigène, pris à partie sur ce point par Sénèque, ne voyaient dans les comètes que des phénomènes météorologiques qui ne dépassaient point notre atmosphère ([16]). Heureusement ces fluctuations des esprits entre des hypothèses opposées, qui nous ramènent des espaces infinis à notre atmosphère terrestre, doivent avec le temps aboutir à la véritable interprétation des phénomènes naturels.

IV.

LUMIÈRE ZODIACALE

On a reconnu, dans l'espace de deux siècles et demi, et à de longs intervalles, l'existence, la place et la configuration de beaucoup de mondes distincts, qui ont successivement ajouté à la richesse de notre système solaire. D'abord l'attention a été appelée sur les systèmes subordonnés, analogues au système principal, dans lesquels des corps célestes de moindre dimension circulent autour de corps plus vastes. On a observé ensuite les anneaux excentriques qui entourent une planète extérieure, l'une des moins denses entre toutes les planètes et la plus abondamment pourvue de satellites; puis l'on a constaté l'existence de la lumière zodiacale, lueur douce, bien que facilement visible à l'œil nu, qui se détache en forme de pyramide, et on l'a rapportée à la cause matérielle qui vraisemblablement la produit. Plus tard on a démêlé les orbites entrelacées des petites planètes ou astéroïdes, renfermées entre les limites de deux vastes planètes, et situées en dehors de la zone zodiacale. Enfin on a étudié le groupe merveilleux des comètes intérieures, dont l'aphélie reste en deçà de l'aphélie de Saturne, d'Uranus ou de Neptune. Il est nécessaire, dans une description des espaces célestes, de bien faire ressortir

la diversité des mondes dont se compose le système solaire, diversité qui d'ailleurs n'exclut nullement la communauté d'origine ni la dépendance permanente des forces motrices.

Quels que soient les doutes qui subsistent encore sur la cause matérielle de la lumière zodiacale, il semble, en partant de ce fait mathématiquement démontré, à savoir que l'atmosphère solaire ne peut point dépasser les 9/20 de la distance de Mercure au Soleil, il semble, dis-je, que, dans l'état actuel et malheureusement très-incomplet de nos connaissances, l'opinion la plus satisfaisante doive être celle qui se recommande des noms de Laplace, de Schubert, d'Arago et de Biot, d'après laquelle la lumière zodiacale rayonne d'un anneau nébuleux, aplati, et circulant librement dans l'espace compris entre les orbites de Vénus et de Mars. La limite extrême de l'atmosphère, pour le Soleil, comme pour les planètes, centres de systèmes subordonnés, ne peut pas s'étendre au delà du point où l'attraction du corps central fait exactement équilibre à la force centrifuge. Les portions d'atmosphère qui ont dépassé cette limite ont dû s'échapper par la tangente et donner naissance, en s'agglomérant, à des planètes et à des satellites, où, si elles ne se sont point condensées en globes sphériques, continuer leur course sous la forme d'anneaux vaporeux ou solides. D'après ces vues, la lumière zodiacale rentre dans la catégorie des corps planétaires, et doit être soumise aux lois générales de leur formation.

Les progrès faits dans la voie de l'observation par cette partie délaissée de nos connaissances astronomiques se réduisent à si peu de chose, que je ne puis guère ajouter à ce que j'ai déjà dit, en m'aidant de mon expérience propre et de l'expérience des autres, dans le Tableau de la Nature placé en tête de cet ouvrage (Voyez t. I, p. 347-352 et 110-115; t. III, p. 505). Vingt-deux ans avant la naissance de Dominique Cassini, auquel on fait honneur communément d'avoir le premier signalé la lumière zodiacale, le chapelain de lord Henri Somerset, Childrey, avait, dans sa

Britannia Baconica, publiée en 1661, appelé l'attention des astronomes sur la lumière zodiacale, comme sur un phénomène qui n'avait pas encore été décrit, et dont il avait été témoin durant plusieurs années, au mois de février et au commencement de mars. La justice m'oblige aussi à mentionner une lettre de Rothmann à Tycho, signalée par Olbers, d'où il résulte que dès la fin du XVIe siècle, Tycho avait vu la lumière zodiacale, et l'avait prise pour l'apparition anomale d'une aurore boréale au printemps. L'intensité lumineuse beaucoup plus grande que ce phénomène présente en Espagne, sur les côtes de Valence et dans les plaines de la Nouvelle-Castille, m'avait engagé déjà, avant que je quittasse l'Europe, à l'observer assidûment. L'éclat de cette lumière, je pourrais dire de cette illumination, augmenta encore d'une manière surprenante, à mesure que je m'approchai de l'équateur, sur le continent américain ou sur la mer du Sud. A travers l'atmosphère toujours sèche et transparente de Cumana, dans les plaines d'herbes ou Llanos de Caracas, sur les plateaux de Quito et sur les lacs du Mexique, particulièrement à des hauteurs de huit à douze mille pieds, où je pouvais séjourner plus longtemps, je vis la lumière zodiacale surpasser quelquefois en éclat les plus belles parties de la voie lactée, comprises entre la proue du Navire et le Sagittaire, ou pour citer des régions du ciel visibles dans notre hémisphère, entre l'Aigle et le Cygne.

En général cependant l'éclat de la lumière zodiacale m'a paru ne pas augmenter sensiblement avec la hauteur du lieu d'où on l'observe, mais dépendre surtout de changements auxquels le phénomène lui-même est soumis, et de sa plus ou moins grande intensité lumineuse ; c'est du moins ce que m'autorisent à croire les observations que j'ai faites sur la mer du Sud, dans lesquelles j'ai remarqué un reflet semblable à celui que produit le coucher du Soleil. J'ai soin de dire *surtout,* car je ne nie point d'une manière absolue que l'état des hautes couches de l'atmosphère, leur plus ou moins grande diaphanéité, n'aient pu exercer aussi

quelque influence, alors même que, dans les couches inférieures, mes instruments n'indiquaient aucune variation hygrométrique, ou que les changements indiqués semblaient devoir produire un tout autre effet. C'est surtout des régions tropicales, où les phénomènes météorologiques montrent dans leurs variations le plus d'uniformité et de régularité, qu'il est permis d'attendre des éclaircissements sur la nature de la lumière zodiacale. Là l'apparition est perpétuelle, et, en comparant, soigneusement les observations faites à diverses hauteurs et dans des circonstances locales différentes, on peut espérer de distinguer, à l'aide du calcul des probabilités, ce qui tient à la nature même de ce phénomène lumineux et ce qui doit être rapporté à des influences météorologiques.

On a souvent répété qu'en Europe, durant plusieurs années consécutives, on n'avait aperçu presque aucune trace de lumière zodiacale, ou que ce phénomène s'était borné à une très-faible apparence. Un affaiblissement proportionnel se faisait-il sentir en même temps sous la zone équinoxiale? Pour se livrer avec succès à une semblable recherche, il ne faut pas considérer seulement la configuration de la région lumineuse, soit d'après des mesures directes, soit en se réglant sur la distance des phénomènes à des étoiles connues; on doit aussi s'attacher à l'intensité de la lumière, à son uniformité ou à son intermittence, lorsque quelquefois elle pâlit et se ravive alternativement, et aux résultats du polariscope. Déjà Arago, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1836 (p. 298), a signalé ce résultat probable des observations comparées de Dominique Cassini : « Que la supposition des intermittences de la diaphanéité atmosphérique ne saurait suffire à l'explication des variations signalées par cet astronome. »

Immédiatement après les prémières observations faites à Paris par Dominique Cassini et par son ami, Fatio de Duillier, des Français qui voyageaient dans les Indes, les Pères Noël, de Bèze et Duhalde, se sentirent attirés vers le même objet; mais des Rapports isolés, dans lesquels

les auteurs se contentent de décrire le plaisir que leur a causé ce spectacle nouveau, ne peuvent servir de base à une discussion approfondie des causes qui produisent les variations de la lumière zodiacale. Ainsi que l'ont encore prouvé depuis les efforts du laborieux Horner, ce ne sont pas des excursions rapides, et ce que l'on est convenu d'appeler des voyages de circumnavigation qui peuvent réellement conduire à un pareil but (voyez la *Correspondance mensuelle* de Zach, t. XV, p. 337-340). Ce n'est que par un séjour de plusieurs années dans quelque contrée tropicale que l'on peut arriver à résoudre le problème des variations que subissent la configuration et l'intensité de la lumière zodiacale. Pour l'objet qui nous occupe en ce moment, et en général pour toute la Météorologie, il faut ajourner nos espérances jusqu'au moment où la culture scientifique se sera définitivement répandue sur la zone équinoxiale de l'Amérique espagnole, dans ces contrées où il existe, entre 10700 et 12500 pieds au-dessus du niveau de la mer, des villes grandes et populeuses, telles que Cuzco, la Paz, Potosi. Les résultats numériques auxquels est parvenu Houzeau, résultats qui reposent, il est vrai, sur un trop petit nombre d'observations, sont de nature à faire croire que le grand axe de la lumière zodiacale ne coïncide pas avec le plan de l'équateur solaire, pas plus que la masse vaporeuse de l'anneau, dont nous ignorons l'état moléculaire, ne traverse l'orbite terrestre. (Voyez les *Nouvelles astronomiques* de Schumacher, n° 492.)

V.

ÉTOILES FILANTES, BOLIDES

ET PIERRES MÉTÉORIQUES

Depuis l'année 1845 où parut, dans le premier volume du Cosmos, un tableau général des phénomènes célestes, les résultats de l'observation, en ce qui concerne la chute des aérolithes et les pluies périodiques d'étoiles filantes, désignées en allemand sous le nom trop expressif de Sternschnuppen, *mouchures d'étoiles,* ont été considérablement agrandis et rectifiés. Beaucoup de faits ont été soumis à une critique plus attentive et plus sévère. On a cru devoir surtout, pour jeter du jour sur ce phénomène mystérieux, étudier la loi de convergence, c'est-à-dire déterminer les points d'où partent les étoiles filantes, aux époques où elles reparaissent avec une abondance inusitée. Des observations récentes, dont les résultats ont atteint un haut degré de vraisemblance, ont accru aussi le nombre de ces époques, parmi lesquelles on n'avait signalé jusqu'ici que le mois d'août et le mois de novembre. Les louables efforts de Brandes, de Benzenberg, d'Olbers et de Bessel, plus tard ceux d'Erman, de Boguslawski, de Quételet, de Feldt, de Saigey, d'Édouard Heis et de Jules Schmidt, ont introduit l'usage de mesures correspondantes plus exactes, et en

même temps le sentiment plus général de la rigueur mathématique a prévenu le danger d'accomoder des observations douteuses à des théorèmes préconçus.

Les progrès dans l'étude des météores ignés seront d'autant plus rapides, que l'on se défendra mieux de tout parti pris, que l'on séparera soigneusement les faits des hypothèses, et que l'on mettra chaque phénomène à l'épreuve, sans rejeter pour cela comme fausses ou douteuses les choses dont on n'a point encore l'explication. Il me paraît surtout important de ne point confondre avec les relations physiques les relations numériques et géométriques, généralement plus faciles à vérifier : telles sont la hauteur, la vitesse, l'unité ou la pluralité des points de départ bien constatés, le nombre moyen, dans un temps donné, des météores isolés ou périodiques, enfin la grandeur et la forme des apparitions, suivant les saisons ou les heures de la nuit où elles se produisent. Avec le temps d'ailleurs, l'étude de ces deux classes de circonstances ou de relations physiques et géométriques doit nécessairement conduire au même but : à des considérations vraies sur la génération et la nature de ces phénomènes.

J'ai déjà fait voir ailleurs que nous ne sommes en communication avec les espaces célestes et les corps dont ils sont remplis que par des rayons lumineux et caloriques, et par les attractions mystérieuses que les masses lointaines exercent, en raison de leur masse, sur notre globe, sur nos mers et sur l'atmosphère qui nous enveloppe : les rayons lumineux qui, partant des plus petites étoiles télescopiques dont se compose une nébuleuse réductible, viennent frapper notre œil, sont, ainsi que le prouve mathématiquement la notion exacte de la vitesse et de l'aberration de la matière, le plus ancien témoignage de l'existence de la lumière (17). Une impression lumineuse, partie des profondeurs de la voûte céleste, nous reporte, par une simple association d'idées, dans les profondeurs du passé, par delà des myriades de siècles. Les mêmes impressions, produites par les pluies d'étoiles filantes, par les bolides d'où

sont lancés les aérolithes, et par les autres météores ignés, sont d'une nature toute différente. Si, à la vérité, les aérolithes qui tombent sur la surface de la terre ne commencent à s'enflammer que lorsqu'ils sont parvenus dans l'atmosphère terrestre, ils n'en sont pas moins pour nous les uniques occasions d'un contact matériel avec des corps étrangers à notre planète. Nous nous étonnons de pouvoir toucher, peser, décomposer chimiquement ces masses de terre et de métaux qui nous viennent des espaces célestes, et appartiennent à un monde différent du nôtre, d'y trouver des minéraux natifs qui rendent très-vraisemblable cette supposition de Newton, que les substances appartenant au même groupe de corps célestes, c'est-à-dire au même système planétaire, sont en grande partie identiques (18).

Nous devons à la diligence des Chinois, qui n'ont laissé passer aucun phénomène sans l'enregistrer, la connaissance des plus anciens aérolithes dont on ait déterminé la date précise. Leurs renseignements remontent, à cet égard, jusqu'à l'an 644 avant notre ère, c'est-à-dire jusqu'au temps de Tyrtée et de la seconde guerre de Messénie. L'immense masse météorique qui tomba en Thrace, près d'Ægos-Potamos, au lieu qui plus tard devait être rendu plus célèbre encore par la victoire de Lysandre, est postérieure de 176 ans. Édouard Biot a trouvé dans le Recueil de Ma-tuan-lin, qui contient des passages empruntés à la section astronomique des plus anciennes annales de l'Empire, 16 chutes d'aérolithes, pour l'intervalle compris entre le milieu du VIIe siècle avant J.-C. et l'an 333 de l'ère chrétienne, tandis que les écrivains grecs et romains ne citent, dans le même laps de temps, que 4 phénomènes du même genre.

Il est remarquable que l'École ionienne, d'accord avec le sentiment des modernes, ait admis déjà l'origine cosmique des pierres météoriques. L'émotion que l'imposant phénomène d'Ægos-Potamos produisit dans toutes les populations helléniques, dut exercer sur la direction et le développement de la physique ionienne une influence décisive, dont on n'a point tenu assez de compte (19). Anaxagore de Cla-

zomène pouvait avoir 32 ans, lorsque cet événement arriva. Son opinion est que les étoiles sont des fragments de rochers détachés de la terre par la force du mouvement gyratoire, que le ciel tout entier est formé de pierres. (Voyez Plutarque, *des Opinions des Philosophes,* liv. III, ch. 13, et Platon, *des Lois,* liv. XII, p. 967). Ces corps pierreux sont rendus incandescents par l'éther ambiant qui est de nature ignée, et font rayonner la lumière que cet éther leur communique. Anaxagore dit encore, au rapport de Théophraste, qu'au-dessous de la Lune, entre ce corps et la Terre, se meuvent d'autres corps obscurs, capables de produire des éclipses de Lune. (Voyez Stobée, *Ecloga physica,* lib. I, p. 560; Diogène Laerce, lib. II, cap. 12; Origène, *Philosophumena,* cap. 8). Diogène d'Apollonie, qui, sans être le disciple d'Anaximène, appartient vraisemblablement à une époque intermédiaire entre Anaxagore et Démocrite, exprime plus clairement encore sa pensée sur la structure du monde, et paraît avoir reçu une impression plus vive de l'événement naturel qui arriva en Thrace, dans la XXVIIIe Olympiade ([20]). D'après lui, ainsi que je l'ai déjà dit ailleurs (*Cosmos,* t. I, p. 108), avec les étoiles visibles, se meuvent aussi des masses d'étoiles invisibles, auxquelles on n'a pu par conséquent donner de noms. Ces étoiles tombent quelquefois sur la terre et s'éteignent, comme cela est arrivé pour l'*étoile de pierre* qui tomba près d'Ægos-Potamos (Stobée, *Ecloga physica*, lib. I, p. 508) ([21]).

L'opinion de quelques philosophes naturalistes sur les météores ignés, tels que les étoiles filantes et les aérolithes, que Plutarque expose en détail dans la Vie de Lysandre (chap. 12) est exactement celle de Diogène de Crète. Il est dit dans ce passage que « les étoiles filantes ne sont pas des parties du feu éthéré qui en découlent ou s'en détachent et s'éteignent aussitôt après s'être enflammées, en entrant dans notre atmosphère; que ce sont plutôt des corps célestes qui, soustraits au mouvement de rotation générale, sont précipités vers la Terre ([22]). » De Thalès et

d'Hippon jusqu'à Empédocle, on ne retrouve plus chez les philosophes de l'École ionienne l'hypothèse de corps célestes obscurs, ni rien qui rappelle ces vues cosmographiques de leurs devanciers ([23]). L'effet produit par l'aérolithe d'Ægos-Potamos était pour beaucoup dans les spéculations auxquelles on se livre relativement à la chute des corps obscurs. Un écrivain postérieur, le Pseudo-Plutarque, se borne à dire (*des Opinions des Philosophes*, liv. II, chap. 13), que Thalès de Milet considérait tous les astres comme des corps enflammés, bien que terrestre (*γεώδη καὶ ἔμπυρα*). La première École ionienne se proposait pour but de découvrir l'origine des choses, et cette origine, elle l'expliquait par le mélange, par des changements graduels et par la transformation des substances; elle croyait à la génération progressive des corps par la condensation et la raréfaction. Le mouvement de révolution de la sphère céleste, qui maintient la terre au point central, est déjà cependant mentionné par Empédocle, comme une force cosmique réellement agissante. Dans les premiers tâtonnements qui préparent les théories physiques de l'éther, l'air igné et le feu lui-même représentent la force expansive de la chaleur; de même on rattachait à cette haute région de l'éther l'idée du mouvement gyratoire qui entraînait tout avec lui, et arrachait violemment les rochers du sol de la Terre. C'est pour cela qu'Aristote (*Météorologiques*, lib. I, p. 339, éd. Bekker) nomme l'éther « le corps animé d'un mouvement éternel » comme l'on dirait le substratum immédiat du mouvement, et à l'appui de cette définition, il cherche des raisons étymologiques ([24]). Par le même motif encore, Plutarque dit, dans la Vie de Lysandre, que la cessation du mouvement gyratoire détermine la chute des corps célestes, et, dans un autre passage qui fait évidemment allusion aux opinions d'Anaxagore et de Diogène d'Apollonie (*de la Face qui paraît dans le disque de la Lune*, p. 923), il affirme que la Lune, si son mouvement de rotation venait à cesser, tomberait à terre, comme une pierre lancée par une fronde ([25]). Cette comparaison nous montre l'idée de la force

centripète se faisant jour peu à peu, pour balancer la force centrifuge, par laquelle Empédocle expliquait le mouvement apparent de la sphère céleste. La force centripète est signalée plus clairement encore par le plus pénétrant de tous les commentateurs d'Aristote, par Simplicius (p. 491, éd. Brandis). Simplicius explique l'équilibre des corps célestes par cette raison que la force du mouvement gyratoire l'emporte sur la force qui les sollicite à tomber. Tels sont les premiers pressentiments qui se firent jour au sujet des forces centrales. Un disciple d'Ammonius Herméas, l'alexandrin Jean Philopon, qui vivait vraisemblablement au VIe siècle, va plus loin: comme s'il reconnaissait l'inertie de la matière, il explique par la révolution des planètes une impulsion primitive qu'il rattache ingénieusement à l'idée de la chute des corps, à la tendance qui attire vers la Terre tous les corps lourds ou légers (*de la Création du Monde*, liv. I, chap. 12). J'ai essayé de montrer comment un grand phénomène naturel, la chute d'un aérolithe à Ægos-Potamos, et l'explication purement cosmique à l'aide de laquelle on chercha tout d'abord à en rendre compte, développèrent peu à peu dans l'antiquité grecque les germes qui, fécondés par le travail des siècles suivants, et réunis entre eux par un lien mathématique, conduisirent aux lois du mouvement circulaire que découvrit et formula Huygens.

En abordant les rapports géométriques qui règlent la chute des étoiles filantes, j'entends les étoiles filantes périodiques, et non celles qui tombent rares et isolées, il convient, surtout d'examiner les résultats des observations récentes sur le rayonnement ou les points de départ des météores, et sur leur vitesse toute planétaire. Ce double caractère, le rayonnement et la vitesse, témoignent, avec un haut degré de vraisemblance, que les étoiles filantes sont des corps lumineux indépendants du mouvement de rotation de la Terre, qu'ils viennent du dehors, et passent des espaces célestes dans notre atmosphère. Lors des observations faites, dans l'Amérique du Nord, sur la période de

novembre, en 1833, 1834 et 1837, on avait marqué, comme point de départ, l'étoile γ du Lion. On a reconnu, en 1839, pour la période d'août, que le point de départ était Algol, dans Persée, ou un point intermédiaire entre Persée et le Taureau. Ces centres de rayonnement étaient à peu près les constellations vers lesquelles la Terre se dirigeait à la même époque ([26]). Saigey, qui a soumis les observations de 1833 à une analyse très scrupuleuse, remarque que le rayonnement fixe, partant de la constellation du Lion, n'a été constaté réellement qu'après minuit, dans les trois ou quatre heures qui ont précédé l'aurore, et que des dix-huit observateurs placés entre la ville de Mexico et le lac des Hurons, dix seulement ont reconnu le point de départ général indiqué par Denison Olmsted, professeur de mathématiques à New-Haven, dans l'État de Massachusetts ([27]).

L'excellent écrit publié par Édouard Heis, résumé très-succinct d'observations fort exactes, poursuivies pendant dix ans à Aix-la-Chapelle, sur les étoiles filantes périodiques, renferme, au sujet du rayonnement, des résultats d'autant plus précieux que l'observateur les a discutés avec une rigueur mathématique. D'après lui, la période de novembre se distingue en ce que les trajectoires sont beaucoup plus dispersées que dans la période d'août ([28]). Dans chacune de ces deux périodes, l'observateur a distingué simultanément plusieurs points de départ, qui n'étaient point toujours situés dans la même constellation, comme on s'est trop pressé de le croire, depuis 1833. Durant la période d'août des années 1839, 1841, 1842, 1843, 1844, 1847 et 1848, Heis outre le centre principal d'Algol, dans la constellation de Persée, en a trouvé deux autres dans le Dragon et dans le pôle Nord ([29]). « Afin, dit-il, d'obtenir des résultats exacts sur les points d'où rayonnaient les trajectoires des étoiles filantes, durant la période de novembre, pour les années 1839, 1841, 1846 et 1847, j'ai tracé sur un globe céleste de 30 pouces les trajectoires moyennes appartenant à chacun des quatre points : Persée, le Lion, Cassiopée et la tête du Dragon, et j'ai marqué chaque fois la situation

du point d'où partaient le plus grand nombre de trajectoires. De cet examen il est résulté que, sur 407 étoiles filantes, 171 vinrent d'un point de Persée, voisin de l'étoile α, dans la tête de Méduse, que 83 partirent du Lion, 35 de la partie de Cassiopée voisine de l'étoile variable α, 40 de la tête du Dragon et 78 de points indéterminés. Ainsi, le nombre des étoiles filantes rayonnant de Persée, était plus que double du nombre de celles qui avaient leur point de convergence dans la constellation du Lion ([30]). »

Il résulte de là que, dans les deux périodes, la constellation de Persée a joué un très-grand rôle. Un observateur sagace, qui a consacré huit ou dix ans à l'étude des phénomènes météorologiques, M. Jules Schmidt, adjoint à l'Observatoire de Bonn, s'exprime très-nettement sur ce sujet, dans une lettre qu'il m'a adressée au mois de juillet 1851 : « Si l'on met à part les grands flux d'étoiles filantes qui se sont produits au mois de novembre des années 1833 et 1834, ainsi que quelques autres du même genre, dans lesquels la constellation du Lion envoyait de véritables essaims de météores, je suis aujourd'hui disposé à considérer le point de convergence placé dans Persée comme celui qui fournit, non-seulement au mois d'août, mais durant toute l'année, le plus grand nombre de météores. En prenant pour base de nos calculs les résultats des 478 observations de Heis, je trouve que ce point est situé par 50°,3 d'ascension droite et 51°,5 de déclinaison. Ceci s'applique aux années 1844-1846. Au mois de novembre 1849, du 7 au 14, j'ai vu 200 étoiles filantes environ de plus que je n'en avais remarqué à la même époque depuis 1841. Parmi ces étoiles, quelques-unes seulement venaient du Lion; le plus grand nombre de beaucoup appartenait à la constellation de Persée. Il en résulte, à ce qu'il me semble, que le brillant phénomène qui se produisit au mois de novembre des années 1799 et 1811 n'a pas reparu depuis. Olbers soupçonnait aussi que ces grandes apparitions ne devaient revenir qu'après une période de 34 ans. (*Cosmos*, t. I, p. 102). Si l'on veut considérer les apparitions périodiques de ces mé-

téores et les complications de leurs trajectoires, on peut dire que certains points de rayonnement sont toujours les mêmes, mais qu'il en existe aussi d'autres qui sont variables et sporadiques. »

Quant à la question de savoir si les différents points de départ changent avec les années, ce qui, en admettant l'hypothèse des *anneaux fermés*, supposerait un déplacement des anneaux dans lesquels se meuvent les météores, c'est une question que les observations faites jusqu'à ce jour ne permettent pas encore de trancher avec certitude. Une belle série d'observations poursuivies par Houzeau, depuis 1839 jusqu'en 1842, semblent réfuter l'hypothèse d'un changement progressif (31). Édouard Heis remarque très-justement que déjà, dans l'antiquité grecque et latine, l'attention avait été appelée sur la direction uniforme que semblaient prendre, dans un temps donné, les étoiles filantes qui sillonnaient la voûte du ciel (32). On regardait alors cette direction comme le résultat d'un vent qui commençait à souffler dans les hautes régions de l'air, et les navigateurs y voyaient l'annonce d'un courant qui, de ces régions, allait bientôt descendre dans les couches inférieures.

Ainsi les étoiles filantes périodiques se distinguent déjà des étoiles sporadiques ou isolées par le parallélisme habituel de leurs trajectoires, qui semblent rayonner d'un même centre ou de plusieurs centres déterminés. Mais il existe encore un autre critérium : c'est le nombre de météores qui, dans l'un et dans l'autre phénomène, brillent durant le même laps de temps. La distinction des chutes d'étoiles filantes ordinaires et extraordinaires est un problème dont la solution a été fort débattue. Deux excellents observateurs, Olbers et Quételet, ont cherché le nombre moyen des météores qui, aux jours ordinaires, peuvent être aperçus en une heure dans le cercle embrassé par une même personne ; Olbers en compte 5 ou 6 ; Quételet porte ce nombre jusqu'à 8 (33). On ne peut jeter du jour sur une question si importante pour la connaissance des lois qui règlent le mouvement et la direction des étoiles filantes, sans être à

même de discuter un très-grand nombre d'observations. Je me suis adressé avec confiance à un observateur dont j'ai déjà cité le nom, à M. Jules Schmidt, de Bonn, qui, habitué de longue main à l'exactitude astronomique, a en outre embrassé avec toute l'ardeur qui lui est propre l'ensemble des phénomènes météoriques, dont la formation et la chute des aérolithes n'est qu'une phase particulière, la plus rare de toutes, et non par conséquent la plus importante. Je joins ici les résultats principaux des communications que je dois à son obligeance (34).

« A la suite d'un grand nombre d'observations, répétées pendant un laps de temps qui varie de 3 à 8 années, la moyenne des étoiles filantes sporadiques se trouve être de 4 à 5 par heure. Cela est l'état habituel, en dehors des phénomènes périodiques. Les moyennes sont ainsi réparties pour chaque mois en particulier :

Janvier 3,4 ; février (?) ; mars 4,9 ; avril 2,4 ; mai 3,9 ; juin 5,3 ; juillet 4,5 ; août 5,3 ; septembre 4,7 ; octobre 4,5 ; novembre 5,3 ; décembre 4,0.

» Quant aux étoiles filantes périodiques, la moyenne est au moins de 13 à 15 par heure. Pour la période d'août ou la pluie de Saint-Laurent, en remontant un peu plus haut, et en allant des étoiles sporadiques aux étoiles périodiques, j'ai trouvé, à l'aide d'observations poursuivies, comme je l'ai dit déjà, pendant un intervalle de 3 à 8 années, que les moyennes croissaient progressivement, ainsi qu'il suit :

Indication des jours.	Nombre des météores par heure.	Nombre des années d'observation.
6 août	6	1
7 —	11	3
8 —	15	4
9 —	29	8
10 —	31	6
11 —	19	5
12 —	7	3

» L'année 1851, considérée isolément, a donné les résultats suivants, malgré le clair de lune:

7 août	 3	météores.
8 —	 8	—
9 —	 16	—
10 —	 18	—
11 —	 3	—
12 —	 1	—

» D'après Édouard Heis, on a observé le 10 août dans l'espace d'une heure:

En 1839	 160	météores.
En 1841	 43	—
En 1848	 50	—

» Dans le flux météorique du mois d'août 1842, il tomba en 10 minutes, au moment du maximum, 34 étoiles filantes. Tous ces nombres s'appliquent aux météores visibles dans le champ visuel d'un seul observateur. Depuis l'année 1838, les phénomènes de novembre ont été moins brillants. Cependant, le 12 novembre 1839, Heis voyait encore de 22 à 35 météores par heure, et le 13 novembre 1846, la moyenne était comprise entre 27 et 33. Ainsi l'abondance des flux périodiques varie suivant les années; mais toujours le nombre des météores est beaucoup plus considérable aux époques déterminées que durant les nuits ordinaires, où l'on ne peut voir par heure plus de 4 ou 5 étoiles filantes. C'est à partir du 4 janvier, dans le mois de février et dans le mois de mars, que les météores sont le plus rares (³³).

» Bien que les périodes d'août et de novembre soient à bon droit les plus célèbres, on en a reconnu plusieurs autres, dans ces derniers temps, depuis que l'on a observé avec plus d'exactitude le nombre et la direction des météores.

Janvier: Du 1er au 3. Il reste quelques doutes sur le résultat de cette observation.

Avril : Le 18 ou le 20? Arago avait déjà soupçonné cette période. Il y a eu en outre de grandes pluies d'aérolithes le 25 avril 1095, le 22 avril 1800 et le 20 avril 1803. Voyez le *Cosmos*, t. I, p. 342, note 74. et l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1836, p. 297.

Mai : Le 26?

Juillet : Depuis le 26 jusqu'au 30, d'après les observations de Quételet. Le maximum proprement dit eut lieu entre le 27 et le 29. Le très-regrettable Édouard Biot a trouvé parmi les plus anciennes observations chinoises un maximum général, compris entre le 18 et le 27 juillet.

Août : Avant l'apparition de la Saint-Laurent, particulièrement du 2 au 5. On ne remarque habituellement du 26 juillet au 10 août aucun accroissement régulier. — La *pluie de Saint-Laurent*. Cette apparition fut signalée pour la première fois par Musschenbroek, puis par Brandes (*Cosmos*, t. I, p. 100 et 342). Le maximum, observé depuis plusieurs années, tombe décidément le 10 août. D'après une ancienne tradition répandue en Thessalie, dans les contrées montagneuses qui entourent le Pélion, le ciel s'entr'ouvre dans la nuit du 6 août, fête de la Transfiguration, et des flambeaux apparaissent à travers cette ouverture. Voyez Herrick, dans l'*American Journal* de Silliman, t. XXXVII, 1839, p. 337, et Quételet, dans les *Nouveaux Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, t. XV, p. 9.

Octobre : Le 19 et aux environs du 26. Cette apparition a été décrite par Quételet, par Boguslawski, dans le Recueil intitulé : *Arbeiten der Schles. Gesellschaft für Vaterländ. Cultur*, 1843, p. 178; et par Heis, dans l'écrit cité plus haut, p. 33. Heis a réuni les observations du 21 octobre 1766, du 18 oct. 1838, du 17 oct. 1841, du 24 oct. 1845; des 11-12 oct. 1847 et des 20-26 oct. 1848. Voyez sur trois apparitions qui se produisirent au mois d'octobre, dans les années 902, 1202 et 1366, le 1er tome du *Cosmos*, p. 103 et 337, note 66. Les nombreuses expériences faites de 1838 à 1848 ont enlevé beau-

coup de son importance à la conjecture de Boguslawski, d'après laquelle les essaims de météores observés en Chine du 18 au 27 juillet, et la pluie d'étoiles filantes du 21 octobre 1366 (ancien style), ne seraient autres que les phénomènes périodiques d'août et de novembre, avancés de nos jours par l'effet de la précession ([36]).

Novembre : Du 12 au 14. Le phénomène se produit aussi, mais très-rarement, le 8 ou le 10. Le souvenir de la grande pluie d'étoiles filantes que Bonpland et moi nous observâmes à Cumana, dans la nuit du 11 au 12 novembre 1799, revenant en mémoire, lors de l'apparition analogue qui eut lieu en 1833 dans la nuit du 12 au 13, furent une des raisons qui disposèrent à admettre le retour périodique de ces phénomènes, à certains jours déterminés ([37]).

Décembre : Du 9 au 12. En 1798 cependant, le phénomène se manifesta, suivant Brandes, dans la nuit du 6 au 7. En 1838, Herrick le vit aussi à New-Hawen, dans la nuit du 7 au 8. Heis l'a observé en 1847, le 8 et le 10.

» Ces pluies périodiques de météores, parmi lesquelles les cinq dernières sont les plus certaines, méritent de fixer l'attention des observateurs. Ce ne sont pas seulement les pluies des différents mois qui varient entre elles, la richesse et l'éclat de chacun des phénomènes varie aussi suivant les années.

» La limite supérieure des étoiles filantes ne saurait être déterminée avec certitude, et Olbers tenait déjà pour très-douteuses toutes les déterminations de hauteur qui dépassent 22 myriamètres. La limite inférieure, que l'on évaluait précédemment à 3 myriamètres (91000 pieds), doit être de beaucoup réduite (*Cosmos*, t. I, p. 97). On s'est assuré, par des mesures prises avec soin, que des étoiles filantes descendent presque jusqu'aux sommets du Chimboraço et de l'Aconcagua, à 8000 mètres au-dessus de la surface de la mer. D'autre part, Heis remarque qu'une étoile filante, vue simultanément à Berlin et à Breslau, dans la nuit du 10 juil-

let 1837, était, d'après des mesures exactes, à 46 myriamètres de hauteur, au moment où elle s'enflamma, et à 31, lorsqu'elle s'éteignit. D'autres, durant la même nuit, s'évanouirent à une hauteur de 10 myriamètres. Il résulte d'un travail fait antérieurement par Brandes, en 1823, que sur 100 étoiles filantes mesurées, avec soin à deux stations différentes, 4 étaient hautes seulement de 1 ou 2 myriamètres ; 15 étaient comprises entre 2 et 4 ; 22 entre 4 et 7 ; 35, près d'un tiers par conséquent, entre 7 et 11 ; 13 entre 11 et 15 ; 11 seulement, c'est-à-dire moins d'un dixième, étaient-au-dessus de 15 myriamètres, mais aussi la hauteur de ces 11 météores variait de 33 à 44 myriamètres. Il résulte de 4000 observations réunies dans l'espace de 9 années, en vue de déterminer la couleur des étoiles filantes, que, sur ce nombre, les 2/3 étaient blanches, 1/7 jaunes, 1/17 d'un jaune rouge, et que 1/37 seulement étaient vertes. »

Olbers remarque que durant le flux de météores qui signala la nuit du 12 au 13 novembre 1838, il parut à Brême une belle aurore boréale, qui colora d'un rouge de sang une grande étendue du ciel. Rien n'altéra néanmoins la couleur blanche des étoiles filantes qui sillonnèrent cette région, d'où l'on a conclu que les rayons de l'aurore boréale étaient beaucoup plus éloignés de la surface de la terre que les étoiles filantes, au moment où en tombant elles devenaient invisibles (Voy. les *Nouvelles Astronomiques* de Schumacher, n° 372, p. 178). D'après les observations faites jusqu'à ce jour, la vitesse relative des étoiles filantes est de 3.5 à 7 myriamètres par seconde, la vitesse de translation de la terre étant de 3 myriamètres seulement (*Cosmos*, t. I, p. 97 et 338, note 68). Les observations correspondantes faites en 1849 par Jules Schmidt, à Bonn, et par Heis, à Aix-la-Chapelle, n'ont donné en réalité que 26 kilomètres, comme minimum de la vitesse d'une étoile filante qui, placée verticalement au-dessus du Saint-Goar, à une hauteur de 9 myriamètres, se dirigea vers le Lachersee. D'après d'autres comparaisons, faites par les mêmes observa-

teurs et par Houzeau, à Mons, les étoiles filantes se sont mues avec une vitesse comprise entre 8,5 et 17,5 myriamètres par seconde, c'est-à-dire de deux à cinq fois plus grande que la vitesse planétaire du globe terrestre. Ce résultat confirme d'une manière éclatante l'origine chimique de ces phénomènes et la fixité d'un ou plusieurs points de divergence; en d'autres termes, il prouve que les étoiles filantes périodiques sont indépendantes de la rotation de la terre, et que durant plusieurs heures elles partent d'une même étoile, alors même que cette étoile n'est pas celle vers laquelle la Terre se dirige au même moment. En général, les globes enflammés paraissent, autant qu'on a pu l'observer jusqu'à ce jour, se mouvoir plus lentement que les étoiles filantes. Si les pierres météoriques s'échappent de ces globes, on est embarrassé d'expliquer comment elles entrent si peu avant dans le sol de la terre. La masse pesant 276 livres, qui tomba à Ensisheim, en Alsace, le 7 novembre 1492, s'enfonça seulement de 3 pieds, et l'aérolithe de Braunau, du 14 juillet 1847, ne pénétra pas plus avant. Je ne connais que deux pierres météoriques qui, tombant sur un sol peu consistant, aient entamé la terre à une profondeur beaucoup plus considérable, l'une à 6, l'autre à 18 pieds: ce sont l'aérolithe de Castrovillari, dans les Abruzzes, à la date du 9 février 1583, et celui qui fut précipité à Hradschina, dans le Comitat d'Agram, le 26 mai 1751.

La question de savoir si les étoiles filantes laissent tomber quelque matière, a été résolue dans les deux sens opposés. Les toits de chaume de la commune de Belmont, dans le département de l'Ain, qui furent enflammés par un météore, pendant la nuit du 13 novembre 1835, à l'époque par conséquent d'une apparition périodique d'étoiles filantes, furent incendiés, à ce qu'il paraît, non par la chute d'une étoile filante, mais par l'explosion d'un globe enflammé, qui, d'après le récit de Millet d'Aubenton, lança des aérolithes, dont, à la vérité, l'existence est demeurée problématique. Un incendie analogue, causé par un globe enflammé, éclata le 22 mars 1846, vers 3 heures, dans la com-

mune de Saint-Paul, près de Bagnères-de-Luchon. D'autre part, la pierre qui tomba à Angers, le 9 juin 1822, fut attribuée à une belle étoile filante que l'on avait vue à Poitiers. Ce phénomène, décrit avec trop peu de détails, mérite la plus grande attention. L'étoile filante fit absolument l'effet d'une chandelle romaine dans un feu d'artifice; elle laissa un sillon en droite ligne, très-étroit en haut, très-large en bas, dont l'éclat brillant se conserva pendant 10 ou 12 minutes. A 28 lieues au Nord de Poitiers, un aérolithe tomba avec une violente détonation.

Toute la matière contenue dans les étoiles filantes brûle-t-elle toujours dans les couches extérieures de l'atmosphère, dont la lumière crépusculaire atteste le pouvoir réfléchissant? Les couleurs si variées, qui frappent les regards durant le phénomène de la combustion, supposent de la variété dans la composition chimique de ces météores. Leurs formes sont aussi extrêmement diverses. Les uns tracent seulement des lignes phosphorescentes, si déliées et en tel nombre que Forster, dans l'hiver de 1832, vit comme une lueur légère répandue sur la voûte céleste ([38]); beaucoup d'autres se meuvent comme des points lumineux, et ne laissent aucun sillon derrière elles. Ce fait de la combustion, durant le temps plus ou moins rapide que mettent à disparaître les queues des étoiles filantes, longues ordinairement de plusieurs milles, est un fait d'autant plus remarquable, que parfois la queue enflammée se bifurque et ne parcourt que peu d'espace droit devant elle. Le bolide dont l'amiral Krusenstern et ses compagnons virent briller la queue pendant une heure, dans leur voyage autour du monde, rappelle cette longue illumination des nuages, d'où s'échappa le grand aérolithe d'Ægos-Potamos, d'après le récit, à la vérité un peu suspect, de Daimachus (*Cosmos*, t. I, p. 333 et 346).

Il existe des étoiles filantes de grandeurs très-différentes; quelques-unes ont un diamètre égal au diamètre apparent de Jupiter ou de Vénus. Dans la pluie d'étoiles filantes qui tomba à Toulouse, le 10 avril 1812, et lors de l'appari-

tion d'un globe enflammé, à Utrecht, le 23 août de la même année, on vit ces météores poindre, éclater en étoiles et atteindre la grandeur apparente du disque lunaire. Durant les grandes pluies d'étoiles, telles que celles de 1799 et de 1833, beaucoup de bolides ont été incontestablement mêlés à des milliers d'étoiles filantes : mais cela ne démontre en aucune façon l'identité de ces deux espèces de météores: l'affinité n'est point l'identité. Il reste encore beaucoup de points à approfondir sur les relations physiques de ces phénomènes, sur la part que les étoiles filantes peuvent avoir au développement des aurores boréales, ainsi que l'amiral Wrangel a cru le reconnaître, en longeant les côtes de la mer Glaciale ([39]), enfin sur les nombreux phénomènes lumineux, qui précèdent la formation de quelques bolides, et qu'il ne faut pas se hâter de nier, parce qu'ils ont été décrits jusqu'à ce jour d'une manière insuffisante. La plupart des bolides ne paraissent point accompagnés d'étoiles filantes, et rien ne fait supposer qu'ils reviennent périodiquement. Ce que nous savons des points déterminés, d'où rayonnent les étoiles filantes, ne peut aussi jusqu'à ce jour s'appliquer qu'avec beaucoup de circonspection aux bolides.

Il peut arriver, bien que cela se présente rarement, que des pierres météoriques tombent par un ciel parfaitement pur, et avec un craquement effroyable, sans être annoncées par aucun nuage météorique, et sans dégager de lumière, comme cela a eu lieu le 16 septembre 1843, à Klein-Wenden, près de Mulhouse; ou bien, et cela est déjà plus fréquent, elles sont lancées du milieu d'un nuage noir qui se forme tout à coup, toujours sans lumière et avec accompagnement de phénomènes acoustiques; ou enfin, le cas le plus habituel est qu'elles sont en communication avec des bolides enflammés. Cette communication est constatée par des exemples qui ne peuvent être révoqués en doute, et sur lesquels nous possédons des détails très-complets. A Barbotan, dans le département des Landes, des aérolithes tombèrent, le 24 juillet 1790, d'un petit nuage blanc météorique, en même temps qu'apparaissait un bolide rouge ([40]).

Il en fut de même des pierres qui tombèrent à Benarès, dans l'Hindostan, le 13 décembre 1798, et à l'Aigle, dans le département de l'Orne, le 26 avril 1803. Ce dernier phénomène, celui de tous qui, grâce à Biot, a été le mieux examiné et le mieux décrit, a enfin, 29 siècles après la chute de la grande pierre d'Ægos-Potamos, et 300 ans après qu'un Religieux eut été tué à Créma par un aérolithe, mis un terme au scepticisme endémique des Académies ([41]). Lors du phénomène de 1803, un grand bolide, se mouvant du Sud-Est au Nord-Ouest, fut vu à Alençon, à Falaise et à Caen, par un ciel très-pur, vers une heure de l'après-midi. Quelques moments après, on entendit à l'Aigle, durant cinq à six minutes, une explosion partant d'un petit nuage noir presque immobile, qui fut suivie de trois ou quatre coups de canon et d'un bruit que l'on eût pu croire produit par des décharges de mousqueterie, auxquelles se mêlait le son d'un grand nombre de tambours. Chaque détonation détachait du nuage noir une partie des vapeurs qui le formaient. On ne remarqua en cet endroit aucun phénomène lumineux. Beaucoup de pierres météoriques, dont la plus grande ne pesait pas plus de 17 livres et demie, tombèrent à la fois sur une surface elliptique, dont le grand axe, dirigé du Sud-Est au Nord-Ouest, avait 11 kilomètres de longueur. Ces pierres étaient brûlantes sans être enflammées, elles fumaient, et, chose singulière! elles étaient plus faciles à briser quelques jours après leur chute que plus tard ([42]). J'ai insisté à dessein sur ce phénomène, afin de pouvoir le comparer avec un autre du 13 septembre 1768. A quatre heures et demie de l'après-midi, on vit dans le village de Luce, situé à 2 lieues de Chartres, vers l'Ouest, un nuage sombre, dans lequel on entendit comme une canonnade, suivie d'un sifflement produit par la chute d'une pierre noire qui décrivit une ligne courbe. Cette pierre, qui s'enfonça à moitié dans le sol de la terre, pesait 7 livres et demie, et était tellement brûlante que l'on ne pouvait la toucher. Elle fut très-incomplètement analysée par Lavoisier, par Fougeroux et par Cadet. On n'aperçut pendant

toute la durée du phénomène aucun dégagement de lumière.

Aussitôt que l'on commença à observer les pluies périodiques d'étoiles filantes, et à épier leur apparition, dans les nuits où elles étaient attendues, on remarqua que le nombre des météores augmentait, à mesure que la nuit avançait, et qu'ils tombaient en plus grande abondance entre deux et cinq heures du matin. Déjà, lors du grand phénomène que nous observâmes à Cumana, dans la nuit du 11 au 12 novembre 1799, ce fut entre deux heures et demie et quatre heures que M. Bonpland vit affluer le plus grand nombre de météores. Un observateur qui a rendu des services signalés à cette partie de la science, Coulvier-Gravier, a présenté à l'Institut de France, en 1845, un Mémoire important *sur la Variation horaire des Étoiles filantes*. Il est difficile de deviner quelle influence peut exercer sur ces phénomènes une heure plus avancée de la nuit. S'il était établi que, sous les différents méridiens, les étoiles filantes commencent surtout à être visibles à une heure déterminée, il faudrait, tout en maintenant l'origine cosmique de ces phénomènes, admettre cette conjecture, d'ailleurs peu vraisemblable, que certaines heures de la nuit, ou plutôt du matin, sont plus favorables à l'inflammation des étoiles filantes, et que celles qui tombent avant ce moment restent le plus souvent invisibles. Mais, pour avoir le droit de tirer des conclusions certaines, il faut continuer pendant longtemps encore à recueillir des observations.

Je crois avoir exposé assez complètement, dans le premier volume du *Cosmos* (p. 105-106), eu égard à l'état de la science en 1845, les caractères principaux des divers bolides qui tombent du haut des airs, leur composition chimique et leur tissu granulaire, étudié surtout par Gustave Rose. Les travaux successifs de Howard, Klaproth, Thénard, Vauquelin, Proust, Berzélius, Stromeyer, Laugier, Dufresnoy, Gustave et Henri Rose, Boussingault, Rammelsberg et Shépard, ont fourni déjà de riches matériaux, bien que vraisemblablement les deux tiers des pierres mé-

téoriques soient soustraites à nos regards dans les profondeurs de la Terre ([45]). S'il est manifeste que sous toutes les zones, dans le Groënland, à Mexico et dans l'Amérique du Sud, en Europe, dans la Sibérie et dans l'Hindostan, les aérolithes ont tous une certaine ressemblance de physionomie, on s'aperçoit, en y regardant de plus près, qu'ils présentent aussi des oppositions très-marquées. Un grand nombre de pierres météoriques contiennent 0,96 de fer: on en trouve à peine 0,02 dans les aérolithes de Sienne. Presque tous ont une surface mince, noire, brillante et quelquefois veinée; cette croûte manque complètement à la pierre de Chantonnay. La pesanteur spécifique de quelques aérolithes s'élève jusqu'à 4,28; elle n'est que de 1,94 dans l'aérolithe carbonisé et composé de petites lames friables, qui a été trouvé à Alais. Quelques-uns, comme celui de Juvenas, sont formés d'un tissu semblable à de la dolérite, dans lequel on distingue de l'olivine, de l'augite et de l'anortite, déjà séparées en cristaux; d'autres, tels que la masse découverte en Sibérie par Pallas, ne présentent que du fer mêlé de nikel, et de l'olivine; d'autres enfin, autant que l'on peut distinguer les éléments qui les composent, sont des combinaisons de hornblende et d'albite, comme celui de Château-Renard, ou de hornblende et de labrador, comme ceux de Blansko et de Chantonnay.

Si l'on embrasse dans leur ensemble les travaux d'un chimiste très-distingué, le professeur Rammelsberg, qui récemment s'est voué sans interruption, et avec autant de bonheur que d'activité, à l'analyse des aérolithes et à la recherche des corps simples qui les composent, on obtient ce résultat: « que la distinction des masses tombées de l'atmosphère en fers météoriques et en pierres météoriques, ne doit pas être prise à la rigueur. On trouve, bien que rarement, des fers météoriques avec un mélange de silicates. Ainsi la masse de fer météorique de Pallas qui pèse 1270 livres russes, d'après la nouvelle expérience de Hess, renferme des grains d'olivine; et réciproquement beaucoup de pierres météoriques sont mêlées de fer métallique. »

« 1° Toutes les masses de fer météorique, celles dont la chute a pu être observée par des témoins oculaires, comme à Hradschina, dans le Comitat d'Agram, le 26 mai 1751, et à Braunau, le 14 juillet 1847, et celles, en beaucoup plus grand nombre, qui gisent depuis longtemps à la surface de la terre, possèdent en général à très-peu près les mêmes propriétés physiques et chimiques. Presque toujours elles contiennent des parcelles plus ou moins grosses de sulfure de fer, qui pourtant ne paraît point être de la pyrite de fer ou de la pyrite magnétique, mais du protosulfure de fer (44). La masse principale n'est point non plus du fer métallique pur; elle est mêlée d'un dixième de nickel, en moyenne, un peu plus ou un peu moins, et ce métal s'y retrouve d'une manière si constante, qu'il est un excellent critérium pour reconnaître l'origine météorique de la masse entière. C'est là d'ailleurs un simple mélange de deux métaux isomorphiques; il n'y a point combinaison dans des proportions déterminées. On trouve aussi en moindre quantité le cobalt, le manganèse, le magnésium, l'étain, le cuivre et le carbone. Cette dernière substance est en partie mêlée à la masse par une action mécanique, comme du graphite de difficile combustion, en partie combinée chimiquement avec le fer, de manière à former un ensemble analogue à une grande quantité de fer en barres. Ainsi, toute masse de fer météorique contient une combinaison particulière de phosphore, de cuivre et de nikel, combinaison qui, lorsqu'on vient à dissoudre le fer par l'action de l'acide hydrochlorique, subsiste sous la forme de cristaux formés d'aiguilles et de lamelles microscopiques, blanches comme l'argent. »

« 2° On a coutume de diviser les pierres météoriques proprement dites en deux classes, d'après leur aspect extérieur. Les unes contiennent dans leur masse, en apparence homogène, des grains et des paillettes de fer météorique, attirables à l'aimant, et qui présentent absolument les mêmes caractères que les aérolithes de la même substance. A cette classe appartiennent les pierres de Blansko, de Lissa,

de l'Aigle, d'Ensisheim, de Chantonnay, de Kleinwenden près de Nordhausen, d'Erxleben, de Château-Renard et d'Utrecht. La seconde classe est pure de tout alliage métallique et se présente plutôt sous l'aspect d'un mélange cristallin de diverses substances minérales: telles sont par exemple les pierres de Juvenas, de Lontalar et de Stannern. »

« Après les premières analyses chimiques des pierres météoriques, faites par Howard, Klaproth et Vauquelin, on fut longtemps sans songer que ces corps pouvaient être formés par l'assemblage de combinaisons différentes. On se bornait à chercher en général les éléments qui les composaient, à extraire à l'aide d'un aimant le fer métallique qu'elles pouvaient contenir. Lorsque Mohs eut appelé l'attention sur l'analogie que présentaient quelques aérolithes avec certaines pierres telluriques, Nordenskjöld entreprit de prouver que l'aérolithe de Lantalar, en Finlande, était un composé d'olivine, de leucite et de fer magnétique; mais c'est à Gustave Rose que l'on doit d'avoir démontré par ses belles observations, que la pierre de Juvenas est formée de pyrite magnétique, d'augite et d'un feldspath très-semblable au labrador. Guidé par ces résultats, et appliquant, comme Gustave Rose, l'analyse chimique, Berzélius, dans un travail plus étendu, inséré aux *Kongl. Vetenskaps-Academiens Hendlingar för* 1834, rechercha la composition minérale de diverses combinaisons que présentent les aérolithes de Blansko, de Chantonnay et d'Alais. Depuis, beaucoup de savants ont suivi la route heureusement frayée par Berzélius. »

« Dans la première classe des pierres météoriques proprement dites, qui est aussi la plus nombreuse, dans celle qui contient des parties de fer métallique, ce métal existe, tantôt en parcelles semées çà et là, tantôt en masses plus considérables, qui offrent quelquefois l'aspect d'un squelette de fer, et forment une transition entre les aérolithes purs de tout mélange métallique et les masses de fer météorique, dans lesquelles, ainsi qu'on le voit dans la masse

de Pallas, les autres éléments disparaissent. Les pierres météoriques de la seconde classe sont, par l'effet de la présence de l'olivine, riches en magnésie; l'olivine est l'élément qui est décomposé, lorsque ces pierres sont traitées par les acides. Comme l'olivine ordinaire, l'olivine météorique est un silicate de magnésie et de protoxyde de fer. La partie qui résiste à l'action des acides est un mélange de substances feldspathiques et augitiques dont on ne peut déterminer la nature qu'en calculant les éléments qui le composent, et qui sont: le labrador, l'hornblende, l'augite et l'oligoclase. »

« La seconde classe, beaucoup moins nombreuse, a été aussi moins étudiée. Parmi les aérolithes qui la composent les uns contiennent du fer magnétique, de l'olivine et un peu de substances feldspathiques et augitiques; les autres sont formés uniquement de ces deux derniers minéraux simples, et le feldspath y est représenté par l'anortite ([45]). Le chromate de fer, produit par la combinaison du protoxyde de fer et de l'acide chromique, se trouve, en moindre quantité, dans presque toutes les pierres météoriques. L'acide phosphorique et l'acide titanique, que Rammelsberg a découverts dans la pierre si remarquable de Juvenas, peuvent faire soupçonner la présence de l'apatite et de la titanite. »

Les corps simples, dont on a jusqu'ici reconnu l'existence dans les pierres météoriques, sont les suivants: l'oxygène, le soufre, le phosphore, le carbone, la silice, l'alumine, la magnésie, la chaux, la potasse, la soude, le fer, le nickel, le cobalt, le chrome, le manganèse, le cuivre, l'étain et le titane; somme totale: dix-huit ([46]). Les éléments les plus immédiats sont, — parmi les métaux: le fer mêlé de nickel, un mélange de phosphore avec du fer et du nickel, du sulfure de fer et des pyrites magnétiques; — parmi les substances oxydées: le fer magnétique et le chromate de fer: — parmi les silicates: l'olivine, l'anortite, le labrador et l'augite. »

Il me resterait, pour rassembler ici le plus grand nombre possible de faits importants, dûment constatés par des

observations positives, à exposer les diverses analogies que certaines pierres météoriques présentent, en tant que roches, avec les anciens agglomérats, tels que les dolérites, les diorites et les mélaphyres, avec les basaltes et avec les laves d'origine plus moderne. Ces analogies sont d'autant plus frappantes que jusqu'ici les minéraux telluriques n'ont jamais offert cet alliage métallique de nickel et de fer que l'on retrouve constamment dans certains aérolithes. Mais le chimiste distingué dont j'ai mis à profit, dans ces pages, les communications obligeantes, a composé sur cet objet un Mémoire spécial, dont les résultats seront mieux à leur place dans la partie géologique du *Cosmos* ([47]).

CONCLUSION

En achevant la partie uranologique de la Description physique du monde, et en jetant un dernier regard sur l'œuvre que j'ai entreprise, je n'ose dire accomplie, je crois devoir rappeler qu'un aussi difficile travail n'était possible que sous les conditions déterminées dans l'introduction du troisième volume du *Cosmos*. Il s'agissait, en effet, de tracer le tableau des espaces célestes et des corps qui les remplissent, soit que ces corps aient été arrondis en sphéroïdes, soit qu'ils restent à l'état de matière diffuse. Par là cet ouvrage se distingue essentiellement des Traités d'Astronomie que possèdent aujourd'hui toutes les littératures, et dont la matière est plus variée. L'astronomie, le triomphe, en tant que science, des théories mathématiques, est fondée sur la base solide de la gravitation et sur le perfectionnement de la haute analyse ; elle traite des mouvements réels ou apparents, mesurés dans le temps et dans l'espace ; de la position des corps célestes, dans les continuels changements de leurs relations respectives ; de la mobilité des formes, comme dans les comètes à queue ; des variations de la lumière, qui naît et s'éteint dans les loin-

tains soleils. La quantité de matière répandue dans l'univers demeure constamment la même; mais d'après ce que nous savons jusqu'à ce jour des lois physiques qui règnent sur la sphère terrestre, nous voyons la matière passer par des combinaisons qu'on ne peut ni nombrer ni définir, et s'agiter, sans jamais se satisfaire, dans le cercle perpétuel de ses transformations. Ce jeu incessant des forces de la matière a pour cause l'hétérogénéité au moins apparente de ses molécules, qui, entretenant le mouvement dans des portions de l'espace que leur petitesse dérobe à toute mesure, complique à l'infini tous les phénomènes terrestres.

Les problèmes astronomiques sont d'une nature plus simple. Libre jusqu'à ce jour de ces complications, la mécanique céleste, appliquée à considérer la quantité de matière pondérable qui entre dans la masse des corps, et les ondulations d'où naissent la chaleur et la lumière, est, en raison même de cette simplicité qui ramène tout au mouvement, accessible dans toutes ses parties au calcul mathématique. Cet avantage donne aux Traités d'Astronomie théorique un grand charme qui n'appartient qu'à eux. On y voit se réfléchir les résultats que l'activité intellectuelle des derniers siècles a obtenus par la méthode analytique: comment les formes des corps et leurs orbites ont été déterminées; comment se concilient avec les mouvements des planètes les faibles oscillations qui jamais n'en troublent l'équilibre; comment la structure intérieure du système planétaire et les perturbations qu'il subit, deviennent, en se balançant mutuellement, une garantie de préservation et de durée.

Ni la recherche des méthodes à l'aide desquelles on a embrassé l'ensemble du monde, ni la complication des phénomènes célestes, ne rentrent dans le plan de cet ouvrage. L'objet d'une description physique du monde est de raconter ce qui remplit l'espace et répand le mouvement de la vie organique dans les deux sphères du Ciel et de la Terre, de s'arrêter aux lois naturelles dont le secret a été dévoilé, et de les présenter comme des faits acquis, comme les con-

séquences immédiates de l'induction fondée sur l'expérience. Il ne fallait pas, si l'on voulait retenir un ouvrage tel que le *Cosmos* dans ses limites naturelles, et ne point le laisser s'étendre outre mesure, essayer d'établir entre les phénomènes un lien théorique. Décidé à ne point excéder ces bornes, j'ai dû apporter d'autant plus de soin, dans la partie astronomique de ce livre, à présenter sous leur vrai jour les faits particuliers et à les ranger suivant l'ordre qui convient. Après avoir considéré les espaces célestes, leur température et le milieu résistant dont ils sont remplis, je suis redescendu aux lois de la vision naturelle et télescopique, aux limites de la visibilité, à la mesure malheureusement incomplète de l'intensité lumineuse, aux moyens nouveaux que fournit l'optique pour discerner la lumière directe de la lumière réfléchie. Puis viennent : le Ciel des étoiles fixes ; le nombre et la distribution probable des Soleils brillant par eux-mêmes, autant du moins que l'on a pu déterminer leur position ; les étoiles variables qui reviennent après des périodes dont on a calculé exactement la durée ; le mouvement particulier aux étoiles fixes ; l'hypothèse des corps obscurs et leur influence sur le mouvement des étoiles doubles ; enfin les nébuleuses que le télescope n'a pu réduire en essaims d'étoiles pressées.

Passer de la partie sidérale de l'uranologie, ou du ciel des étoiles fixes à notre système solaire, ce n'est que passer du général au particulier. Dans la classe des étoiles doubles, des corps doués d'une lumière propre se meuvent autour d'un centre de gravité commun ; dans notre système solaire, composé d'éléments très-hétérogènes, des corps obscurs gravitent autour d'un corps lumineux, ou plutôt même autour d'un centre de gravité commun, qui se trouve tantôt en dedans, tantôt en dehors du corps central. Les divers membres de notre système sont de nature plus différente que pendant plusieurs siècles on ne fut autorisé à le croire. Le domaine solaire se compose de planètes secondaires et de planètes principales, parmi lesquelles un groupe se distingue par ses orbites entrelacées, de co-

mètes en nombre indéterminé, de la lumière zodiacale et très-vraisemblablement aussi d'astéroïdes météoriques qui reparaissent périodiquement.

Il nous reste encore à énoncer textuellement, en raison des rapports directs qu'elles ont avec l'objet de ce livre, les trois grandes lois des mouvements planétaires, découvertes par Képler. Première loi: Les courbes décrites par les planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe un foyer. — Deuxième loi: Chaque corps planétaire se meut autour du Soleil dans une orbite plane, où le rayon vecteur décrit des aires égales en des temps égaux. — Troisième loi: Les carrés des temps employés par les planètes à faire leur révolution autour du Soleil sont entre eux comme les cubes des distances moyennes. La seconde loi est quelquefois appelée la première parce qu'elle est la première qui ait été découverte ([48]). Les deux premières lois recevraient leur application, même quand il n'existerait qu'une seule planète. La troisième et la plus importante, qui ne fut découverte que dix-neuf ans plus tard, suppose nécessairement le mouvement de deux corps planétaires. Le manuscrit de l'*Harmonice Mundi,* publié en 1619, était achevé dès le 27 mai 1618.

Si les lois des mouvements planétaires furent découvertes au commencement du XVIIe siècle, si Newton révéla le premier la force dont les lois de Képler étaient la conséquence immédiate, à la fin du XVIIIe siècle revient l'honneur d'avoir démontré la stabilité du système planétaire, grâce aux ressources nouvelles que nous fournissait pour la recherche des vérités astronomiques le perfectionnement du calcul infinitésimal. Les principaux éléments de cette stabilité sont: l'invariabilité du grand axe des orbites planétaires, démontrée par Laplace, par Lagrange et par Poisson; les lentes et périodiques variations que subit, dans d'étroites limites, l'excentricité de deux planètes puissantes et très-éloignées du Soleil, Jupiter et Saturne; la distribution des masses, réparties de telle façon que la masse de Jupiter n'excède pas 1/1048 de celle du corps central au-

quel sont subordonnés tous les autres; enfin, cet arrangement en vertu duquel toutes les planètes, conformément à leur origine et au plan primordial de la création, accomplissent, dans une direction unique, leur double mouvement de rotation et de révolution, décrivent des orbites dont l'excentricité peu considérable est soumise à de faibles changements, se meuvent dans des plans à peu près également inclinés, et accomplissent leur révolution en des temps qui n'ont point entre eux de commune mesure. Ces motifs de stabilité qui sont la sauvegarde des planètes dépendent d'une action réciproque, s'exerçant à l'intérieur d'un cercle circonscrit. Si cette condition venait à être troublée par l'arrivée d'un corps céleste venu du dehors et étranger à notre système, soit qu'il déterminât un choc, soit qu'il introduisît de nouvelles forces attractives, ce trouble pourrait être fatal à l'ensemble des choses actuellement existantes, jusqu'à ce qu'enfin, après un long conflit, il s'établît un nouvel équilibre ([49]). Mais l'arrivée possible d'une comète, décrivant à travers des espaces immenses son orbite hyperbolique, ne saurait, bien que l'excessive vitesse puisse suppléer à l'insuffisance de la masse, inquiéter qu'une imagination rebelle aux considérations consolantes du calcul des probabilités. Les nuages voyageurs des comètes à courte période n'offrent pas plus de dangers pour l'avenir de notre système solaire que les grandes inclinaisons des orbites, décrites par les petites planètes comprises entre Mars et Jupiter. Ce qui ne peut être signalé que comme une possibilité doit rester en dehors d'une Description physique du monde; il n'est point permis à la science d'aller se perdre dans les régions nébuleuses des rêveries cosmologiques.

NOTES

NOTES

(1) [page 291]. *Cosmos*, t. I, p. 63-65, 68 et 122; t. II, p. 282; t. III, p. 32-36, 112 et 136.

(2) [page 291]. *Cosmos*, t. III, p. 165-166.

(3) [page 292]. *Cosmos*, t. I, p. 64.

(4) [page 294]. *Cosmos*, t. III, p. 71, 112, 238 (note 31) et 265 (note 37).

(5) [page 294]. En 1471, avant l'expédition de Alvaro Becerra, les Portugais s'avancèrent jusqu'au delà de l'équateur. Voyez Humboldt, *Examen critique de l'histoire de la Géographie du nouveau Continent*, t. I, p. 290-292. Mais déjà, sous les Lagides, les anciens, à la faveur de la mousson du Sud-Ouest, nommée alors *Hippalus*, s'étaient frayé une route commerciale à travers l'océan Indien, depuis Ocelis, sur le détroit de Bab-el-Mandeb, jusqu'au grand entrepôt de Muziris, sur la côte de Malabar, et à Ceylan (*Cosmos*, t. II, p. 145). Dans tous ces voyages maritimes, on vit, mais sans les décrire, les nuées Magellaniques.

(6) [page 294]. Sir John Herschel, *Observations at the Cape of Good Hope*, § 132.

(7) [page 294]. *Cosmos*, t. II, p. 272 et 448. Galilée, qui cherche à expliquer l'intervalle des deux découvertes, du 29 décembre 1609 au 7 janvier 1610, par la différence des calendriers, prétend avoir vu les satellites de Jupiter un jour avant Simon Marius; il s'emporte avec sa fougue habituelle contre ce qu'il

appelle « Bugia del impostore *eretico Guntzenhusano* » et va jusqu'à dire : « che molto probabilmente il eretico Simon Mario, non ha osservato giammai i Pianeti Medicei. » Voyez *Opere di Galileo Galilei*, Padova 1744, t. II, p. 235-237, et Nelli, *Vita e Commercio letterario di Galilei*, 1793, t. I, p. 240-246. L'*Eretico* s'était cependant exprimé lui-même avec beaucoup de simplicité et de modestie sur la portée de sa découverte. J'affirme seulement, dit-il, dans son introduction au *Mundus Jovialis*: « Hæc Sidera (Brandenburgica) a nullo mortalium mihi ulla ratione commonstrata, sed propria indagine sub ipsissimum fere tempus vel aliquanto citius quo Galilæus in Italia ea primum vidit a me in Germania adinventa et observata fuisse. Merito igitur Galilæo tribuitur et manet laus primæ inventionis horum siderum apud Italos. An autem inter meos Germanos quispiam ante me ea invenerit et viderit, hactenus intelligere non potui. »

(8) [page 295]. *Mundus Jovialis anno* 1609 *detectus ope perspicilli Belgici*, Noribergæ, 1614.

(9) [page 295]. *Cosmos*, t. II, p. 281.

(10) [page 295]. *Cosmos*, t. III, p. 115.

(11) [page 296]. « Galilei notò che le nebulose di Orione null'altro erano che mucchi e coacervazioni d'innumerabili stelle. » Nelli, *Vita di Galilei*, t. I, p. 208.

(12) [page 296]. « In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram: vero, ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli. — Cum non tantum in Galaxia lacteus ille candor veluti albicantis nubis spectetur, sed *complures consimilis coloris areolæ sparsim per æthera subfulgeant*, si in illarum quamlibet Specillum convertas, Stellarum constipatarum coetum offendes. Amplius (quod magis mirabile) Stellæ, ab Astronomis singulis in hanc usque diem *Nebulosæ* appellatæ, Stellarum mirum in modum consitarum greges sunt: ex quarum radiorum commixtione, dum unaquaque ob exilitatem, seu maximam a nobis remotionem, oculorum aciem fugit, candor ille consurgit, qui densior pars cœli, Stellarum aut Solis radios retorquere valens, hucusque creditus est. » *Opere di Galileo Galilei*, Padova, 1744, t. II, p. 14 et 15; *Sidereus Nuntius*, p. 13, 15 et 35.

(13) [page 296]. Voyez le *Cosmos*, t. III, p. 213, note 91. Je dois rappeller à ce sujet la vignette qui termine l'introduction

d'Hévélius à son *Firmamentum Sobescianum*, publié en 1687. On y voit représentés trois génies dont deux regardent le ciel avec le Sextant d'Hévélius, et répondent au troisième qui porte un télescope, et semble le leur offrir: Præstat nudo oculo!

(14) [page 296]. Huygens, *Systema Saturnium*, dans ses *Opera varia*, Lugd. Batav. 1724, t. II, p. 523 et 593.

(15) [page 297]. « Dans les deux nébuleuses d'Andromède et d'Orion, dit Dominique Cassini, j'ai vu des étoiles qu'on n'aperçoit pas avec les lunettes communes. Nous ne savons pas si l'on ne pourrait pas avoir des lunettes assez grandes pour que toute la nébulosité pût se résoudre en de plus petites étoiles, comme il arrive à celles du Cancer et du Sagittaire. » (Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 700 et 744).

(16) [page 297]. *Cosmos*, t. I, p. 350, note 96.

(17) [page 298]. Sur les ressemblances et les dissemblances des idées de Lambert et de Kant, et sur les époques de leurs publications respectives, voyez Struve, *Études d'Astronomie Stellaire*, p. 11, 13 et 21, notes 7, 15 et 33. L'ouvrage de Kant, intitulé *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, fut publié en 1755, sans nom d'auteur, et dédié au grand Frédéric. La *Photometria* de Lambert parut seulement en 1760, ainsi qu'on l'a déjà remarqué plus haut, et fut suivie en 1761 de ses Lettres cosmologiques sur la structure du monde.

(18) [page 298]. « Those Nebulæ, dit John Michell, dans les *Philosophical Transactions* for 1767 (t. LVII, p. 251), in which we can discover either none, or only a few stars even with the assistance of the best telescopes, are probably systems, that are still more distant than the rest. »

(19) [page 299]. Messier, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1771, p. 435, et dans la *Connaissance des temps* pour 1783 et 1784. Le catalogue contient 103 objets.

(20) [page 299]. *Philos. Transact.*, t. LXXVI, LXXIX et XCII.

(21) [page 299]. « The Nebular hypothesis, as it has been termed, and the theory of sidereal aggregation stand in fact quite independent of each other. » (Sir John Herschel, *Outlines of Astronomy*, p. 599).

(22) [page 300]. Les objets dont je parle dans ce passage sont ceux qui portent les n°s 1-2307 dans le Catalogue européen ou Catalogue du Nord, publié en 1833, et les n°s 2308-4015 dans le Catalogue africain ou Catalogue du Sud. Voyez Sir John Herschel, *Cape observations*, p. 51-128.

(23) [page 300]. James Dunlop, dans les *Philos. Transact.* for 1828, p. 113-150.

(24) [page 300]. Voyez le *Cosmos*, t. III, p. 55 et 224, note 23.

(25) [page 300]. Voyez *An Account of the Earl of Rosse's great Telescope*, p. 14-17, où est citée la liste des nébuleuses résolues au mois de mars 1845, par le Dr Robinson et Sir James South. « Dr Robinson couldt not leave this part of his subject without calling attention to the fact, that no real nebula seemed to exist among so many of these objects chosen without any bias: all *appeared* to be clusters of stars, and every additional one which shall be resolved will be an additional argument against the existence of any such » Voyez Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, n° 536. On lit dans la Notice sur les grands télescopes de lord Oxmantown, aujourd'hui Comte de Rosse (*Bibliothèque universelle de Genève*, t. LVII, 1845, p. 342-357): « Sir James South rappelle que jamais il n'a vu de représentations sidérales aussi magnifiques que celle que lui offrait l'instrument de Parsonstown; qu'une bonne partie des nébuleuses se présentaient comme des amas ou groupes d'étoiles, tandis que quelques autres, à ses yeux du moins, n'offraient aucune apparence de résolution en étoiles. »

(26) [page 300]. *Report of the fifteenth Meeting of the British Association*, held at Cambridge in June 1845, p. 36, et *Outlines of Astron.*, p. 597 et 598. « By far the major part, dit Sir John Herschel, probably at least nine-tenths of the nebulous contents of the heavens consist of nebulæ of spherical or elliptical forms, presenting every variety of elongation and central condensation. Of these a *great number* have been resolved into distant stars (by the Reflector of the Earl of Rosse), and a vast number more have been found to possess that mottled appearance, which renders it almost a matter of certainty that an increase of optical power would show them to be similarly composed. A not unnatural or unfair induction would therefore seen to be, that those which resist such resolution, do so only in consequence of the

smallness and closeness of the stars of which they consist: that, in short, they are only optically and not physically nebulous. — Although nebulæ do exist which even in this powerful telescope (of Lord Rosse) appear as nebulæ, without any sign of resolution, it may very reasonably be doubted whether there be really any essential physical distinction between nebulæ and clusters of stars. »

(27) [page 501]. Le Dr Nichol, professeur d'Astronomie à Glasgow, a publié cette lettre, datée du château de Parsonstown, dans ses *Thoughts of some important points relating to the System of the World*, 1846, p. 55: « In accordance with my promise of communicating to you the result of our examination of Orion, I think I may safely say, that there can be little, if any doubt as to the resolvability of the Nebula. Since you left us, there was not a single night when, in the absence of the moon, the air was fine enough to admit of our using more than half the magnifying power the speculum bears: still we could plainly see that all about the trapezium is a mass of stars; the rest of the nebula also abounding with stars, and exhibiting the characteristics of resolvability strongly marked. »

(28) [page 501]. Voyez *Edinburgh Review*, t. LXXXVII, 1848, p. 186.

(29) [page 502]. *Cosmos*, t. III, p. 117 et 265, note 50.

(30) [page 502]. *Cosmos*, t. III, p. 29.

(31) [page 502]. Newton, *Philosophiæ naturalis Principia mathematica*, 1760, t. III, p. 671.

(32) [page 502]. *Cosmos*, t. I, p. 114.

(33) [page 503]. *Cosmos*, t. I, p. 350, note 96.

(34) [page 503]. Sir John Herschel, *Cape Observations*, § 109-111.

(35) [page 504]. Quelques éclaircissements sont nécessaires, afin que l'on sache sur quels fondements reposent ces énumérations. Les trois catalogues de William Herschel contiennent 2500 objets, à savoir: 2303 nébuleuses et 197 amas d'étoiles (Mædler, *Astronomie*, p. 448): ces nombres sont changés dans le recensement postérieur et beaucoup plus exact de Sir John Herschel

(*Observations of nebulæ and Clusters of stars*, made at Slough, with a twenty-feet Reflector, between the years 1825 and 1833, insérées dans les *Philosophical Transactions* for the year 1833, p. 365-481). Dix-huit cents objets étaient identiques avec d'autres contenus dans les trois premiers catalogues, trois ou quatre cents furent provisoirement exclus et remplacés par plus de cinq cents autres nouvellement découverts, dont on détermina l'ascension droite et la déclinaison (Struve, *Astron. stellaire*, p. 48). Le Catalogue du Nord comprend 152 amas stellaires; par conséquent les nébuleuses y sont au nombre de 2307 — 152 = 2155. Sur les 1708 objets compris dans le Catalogue du Sud (4015—2307), et parmi lesquels on compte 236 amas d'étoiles, il faut défalquer 233 nébuleuses (89 + 135 + 9), comme appartenant déjà au Catalogue du Nord, et ayant été observées, à Slough par William Herschel et Sir John, à Paris par Messier. Voyez *Cape Observations*, p. 3, §§ 6 et 7, et p. 128. Il reste donc pour le Catalogue du Sud un total de 1708—233=1475 objets, qui se décomposent en 1239 nébuleuses et 236 amas d'étoiles. Il faut au contraire ajouter aux 2307 objets du Catalogue de Slough 135+9=144, ce qui forme un ensemble de 2451 objets distincts, sur lesquels, en retranchant 152 clusters, il reste 2299 nébuleuses. Il est vrai de dire que, pour ces nombres, l'on ne s'est pas renfermé d'une manière bien rigoureuse dans les limites de l'horizon visible à Slough. L'auteur de ce livre est tellement persuadé de l'intérêt que présentent, dans la topographie du firmament, les rapports numériques des deux hémisphères, qu'il ne croit pas même devoir négliger les nombres sujets à changer; suivant la différence des époques et les progrès de l'observation. Il entre nécessairement dans le plan d'un livre sur le *Cosmos*, de représenter l'ensemble des connaissances humaines à une époque déterminée.

(36) [page 304]. On lit dans les *Cape Observations*, p. 134, « There are between 300 and 400 nebulæ of Sir William Herschel's Catalogue still unobserved by me, for the most part very faint objects.... »

(37) [page 304]. *Cape Observ.*, § 7. Voyez aussi le *Catalogue of Nebulæ and Clusters of the Southern Hemisphere* par Dunlop, dans les *Philosophical Transactions* for 1828, p. 114-146.

(38) [page 304]. *Cosmos*, t. III, p. 186.

(39) [page 305]. *Cape Observations*, §§ 105-107.

(40) [page 305]. In this *Region of Virgo*, occupying about one-eigth of the whole surface of the sphere, one-third of the entire nebulous contents of the heavens are congregated (*Outlines of Astronomy*, p. 596).

(41) [page 306]. Voyez sur cette région stérile (barren region), *Cape Observations*, § 101, p. 135.

(42) [page 306]. Ces données numériques sont fondées sur le total des chiffres fournis par la projection de l'hémisphère septentrional. Voyez *Cape Observations*, pl. XI.

(43) [page 307]. Humboldt, *Examen critique de l'histoire de la Géographie du nouveau continent*, t. IV, p. 319. Dans la longue série de voyages maritimes que, grâce à l'influence de l'Infant Don Henrique, les Portugais entreprirent le long des côtes occidentales de l'Afrique, pour pénétrer jusqu'à l'équateur, le Vénitien Cadamosto, dont le vrai nom était Alvise da Ca da Mosto, est le premier qui, après sa réunion avec Antoniotto Usodimare, à l'embouchure du Sénégal, en 1454, se soit occupé à chercher une étoile polaire australe. « Puisque j'aperçois encore l'étoile polaire boréale, disait-il au moment où il se trouvait vers le 13° de latitude Nord, je ne puis pas voir la polaire du Sud; la constellation que je vois dans cette direction est de Carro del ostro (le Chariot du Sud). » Voyez Aloysii Cadamosto *Navigazione*, cap. 43, p. 32; Ramusio, *delle Navigazioni et Viaggi*, t. I, p. 107. Cadamosto s'était-il donc composé un Chariot avec quelques grandes étoiles du Navire. L'idée que les deux pôles avaient chacun un Chariot parait avoir été si répandue à cette époque que, dans l'*Itinerarium Portugallense*, publié en 1500 (fol. 23, b), et dans le *Novus Orbis* de Grynæus (1532, p. 58), on a représenté, comme ayant été observée par Cadamosto, une constellation en tout semblable à la Petite-Ourse, et à la place de laquelle est figurée tout aussi capricieusement la Croix du Sud, dans les *Navigazioni* de Ramusio (t. I, p. 19) et dans la nouvelle collection de *Noticias para a hist. e geogr. des Naçoes Ultramarinas* (Lisboa, 1812), t. II, cap. 39, p. 57). Voyez Humboldt, *Examen critique*, etc., t. V, p. 286. Comme il était d'usage au moyen âge, probablement afin de replacer dans le Petit-Chariot les deux danseurs d'Hygin, χορευταί, les mêmes que les Ludentes du Scholiaste de Germanicus ou les Custodes de Végèce, de considérer les étoiles β et γ de la Petite-Ourse comme les Gardiens (le due Guardie, the Guards) du pôle

Nord, autour duquel elles décrivent un mouvement circulaire, et que cette dénomination, ainsi que l'habitude de faire servir les deux Gardiens à déterminer la hauteur du pôle Nord, s'étaient répandues dans les mers septentrionales, chez les pilotes de toutes les nations européennes; on fut conduit par de fausses analogies à reconnaître dans l'hémisphère austral ce que l'on y cherchait depuis longtemps (Pedro de Medina, *Arte de Navegar*, 1545, lib. V, cap. 1-7, p. 183-195). Ce fut pendant le second voyage d'Amérigo Vespucci, accompli dans l'intervalle du mois de mai 1499 au mois de septembre 1500, lorsque ce navigateur et Vicente Yanez Pinzon, dont le voyage est peut-être identique avec le sien, parvinrent dans l'émisphère austral jusqu'au cap Saint-Augustin, qu'ils s'appliquèrent pour la première fois et sans résultat à chercher une étoile visible dans le voisinage immédiat du pôle Sud. Voyez Bandini, *Vita e Lettere di Amerigo Vespucci*, 1745, p. 70; Anghiera, *Oceanica*, 1510, dec. I, lib. 9, p. 96; Humboldt. *Examen critique*, etc., t. IV, p. 205, 319 et 325. Le pole Sud était situé alors dans la constellation de l'Octante, de sorte que β de la Petite-Hydre, si l'on fait la réduction d'après le Catalogue de Brisbane, était encore à 80° 5′ de déclinaison australe. « Tandis que j'étais tout entier aux merveilles du ciel austral et que j'y cherchais vainement une étoile polaire, dit Vespucci dans sa lettre à Pietro Francesco de' Medici, je me rappelai les paroles de notre Dante, lorsque, dans le premier livre du *Purgatoire*, feignant de passer d'un hémisphère à l'autre, il veut décrire le pôle antarctique, et dit:

Io mi volsi a man destra...

Mon sentiment est que, dans ces vers, le poëte a voulu désigner par ses quatre étoiles (non viste mai fuor ch'alla prima gente, le pôle de l'autre firmament. J'en suis d'autant plus certain que j'ai vu, en effet, quatre étoiles, formant ensemble une espèce de *mandorla*, et animées d'un mouvement peu sensible » Vespucci pense que la Croix du Sud est la *Croce maravigliosa* d'Andrea Corsali, dont il ne connaissait pas encore le nom, mais qui plus tard fut mise à profit par tous les pilotes, pour la recherche du pôle Sud et pour les déterminations de latitude, comme au pôle Nord, β et γ de la Petite-Ourse. Voyez une lettre de Cochin, en date du 6 janvier 1515, insérée dans le recueil de Ramusio, t. I, p. 177; les *Mémoires de l'Académie des Sciences* (de 1666 à 1699),

t. VII, 2e part. Paris, 1729, p. 58; Pedro de Medina, *Arte de Navegar*, 1545, lib. V, cap. 11, p. 204, et comparez l'analyse que j'ai donnée du célèbre passage du Dante, dans l'*Examen critique*, etc., t. IV, p. 319-334. J'ai fait remarquer dans ce passage que α de la Croix du Sud, dont Dunlop en 1826, et Rümker en 1836, se sont occupés à Paramatta, est au nombre des étoiles qui, les premières, ont été reconnues comme systèmes multiples, par les jésuites Fontaney, Noël et Richaud (1781 et 1787). Voyez l'*Histoire de l'Académie* (de 1686 à 1699), t. II, Paris 1733, p. 19; *Mémoires de l'Académie* (de 1666 à 1699), t. VII, 2e part., Paris, 1729, p. 206; *Lettres Édifiantes*, rec. VII, 1703, p. 79. Cette découverte si précoce d'étoiles binaires, longtemps avant que l'on eut reconnu comme telle ζ de la Grande-Ourse, est d'autant plus remarquable que 70 ans plus tard, La Caille décrit α de la Croix sans mentionner sa qualité d'étoile double, probablement, ainsi que le conjecture Rümker, parce que l'étoile principale et le compagnon se trouvaient alors trop peu distans l'un de l'autre. Voyez Sir John Herschel, *Cape Observations*, §§ 183-185; *Cosmos*, t. III, p. 180. Presque dans le même temps où l'on constatait le caractère double de α de la Croix, Richaud enregistrait aussi parmi les étoiles doubles α du Centaure: c'était 19 ans avant le voyage de Feuillée, auquel Henderson attribue par erreur cette découverte. Richaud fait observer que, lorsque parut la comète de 1689, les deux étoiles dont se compose α de la Croix étaient fort éloignées l'une de l'autre; mais que, dans un réfracteur de 12 pieds, les deux parties de α du Centaure, bien que très-faciles à reconnaître, semblaient presque se toucher.

(44) [page 508]. *Cape Observations*, §§ 44 et 104.

(45) [page 508]. Voyez le *Cosmos*, t. III, p. 115. Cependant, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, en traitant des amas stellaires (*ibid.*, 156), M. Bond a trouvé moyen aux États-Unis de résoudre complètement, grâce à la force pénétrante de son réfracteur, la nébulosité elliptique et très-allongée d'Andromède qui, d'après Bouillaud, avait été déjà décrite avant Simon Marius, en 985 et en 1428, et qui présente une lueur rougeâtre. Dans le voisinage de cette célèbre nébuleuse, s'en trouve une autre non résolue jusqu'ici, bien qu'elle soit par sa configuration très-analogue à celle d'Andromède, et qui a été découverte le 27 août 1783 par Miss Carolina Herschel, morte dans un âge très-avancé, au

milieu du respect de tous. Voyez les *Philosophical Transactions*, 1855, n° 61 du Catalogue des Nébuleuses, fig. 52.

(46) [page 508]. *Philosophical Transactions*, 1855, p. 494, pl. IX, fig. 19-24.

(47) [page 509]. Ces nébuleuses sont appelées *Annular nebulæ*, par Sir John Herschel (*Cape Observations*, p. 55; *Outlines of Astron.*, p. 602), et *Nébuleuses perforées* par Arago (*Annuaire* pour 1842, p. 425). Voyez aussi Bond, dans les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, n° 611.

(48) [page 509]. *Cape observations*, p. 114, pl. VI, fig. 3 et 4. Voyez aussi le n° 2072 dans les *Philosoph. Transactions* for 1855, p. 466. Les dessins qu'a faits Lord Rosse de la nébuleuse perforée de la Lyre, et de la singulière nébulosité à laquelle il a donné le nom de Crab-nebula, se trouvent dans l'ouvrage de Nichol: *Thoughts on the System of the World*, p. 21, pl. IV, et p. 22, pl. I, fig. 5.

(49) [page 510]. Si l'on considère la nébuleuse planétaire de la Grande-Ourse comme une sphère, et « si on la suppose, dit Sir John Herschel, éloignée de la Terre d'une distance égale à celle de 61 du Cygne, son diamètre apparent, qui est de 2′ 40″, implique un diamètre réel sept fois plus grand que l'orbite de Neptune. » (*Outlines of Astron.*, § 876).

(50) [page 510]. *Outlines*, ibid.; *Cape Observations*, § 47. Une étoile de 8ᵉ grandeur, d'un rouge orangé, existe dans le voisinage du n° 3365; mais la nébulosité planétaire n'en conserve pas moins la couleur foncée de l'indigo, lorsque l'étoile rouge n'est pas dans le champ du télescope. La couleur de la nébuleuse n'est donc pas l'effet du contraste.

(51) [page 510]. *Cosmos*, t. III, p. 108, 187 et 281. L'étoile principale et le compagnon sont bleus ou bleuâtres dans plus de 63 étoiles doubles. De petites étoiles de la couleur de l'indigo sont mêlées au magnifique amas stellaire, nuancé de diverses couleurs, qui porte le n° 3435 dans le Catalogue du Cap, et le n° 301 dans celui de Dunlop. Il existe dans l'hémisphère austral, sous le n° 373 du Catalogue de Dunlop, sous le n° 3370 de celui de John Herschel, un amas stellaire d'un bleu uniforme, qui n'a pas moins de 3′ 1/2 de diamètre, avec des projections longues de 8′. Les étoiles qui le composent sont comprises entre la 14ᵉ et la 16ᵉ grandeur (*Cape Observations*, p. 119).

(52) [page 510]. *Cosmos*, t. I, p. 65. Voyez aussi *Outlines of Astron.*, § 877.

(53) [page 510]. Sur la complication des rapports dynamiques dans les attractions partielles qui s'exercent à l'intérieur d'un amas d'étoiles sphérique, lequel, vu à travers de faibles télescopes, semble être une nébuleuse arrondie et plus condensée vers le centre, voyez John Herschel, *Outlines of Astron.*, §§ 866 et 872, et *Cape Observations*, §§ 44 et 111-113: *Philosophical Transactions*, for 1833, p. 501 : *Adress of the President*, dans le *Report of the fifteenth Meeting of the British Association*, 1845, p. XXXVII.

(54) [page 511]. Mairan, *Traité de l'Aurore boréale*, p. 263 : Arago, dans l'*Annuaire* pour 1842, p. 403-413.

(55) [page 511]. Tous les autres exemples d'étoiles nébuleuses sont compris entre la 8e et la 9e grandeur. Tels sont les nos 311 et 450 du Catalogue de 1833 (fig. 31), dont les photosphères ont un diamètre de 1′ 30″. Voyez *Outlines of Astron.*, § 879.

(56) [page 512]. *Cape Observations*, p. 117, no 3727, pl. VI, fig. 16.

(57) [page 512]. Les formes les plus remarquables de nébuleuses irrégulières sont : 1° une nébuleuse en forme d'oméga, dont on peut voir le dessin dans les *Cape Observations*, pl. II, fig. 1, no 2008, et qui a été aussi étudiée et décrite par Lamont, ainsi que par un jeune astronome de l'Amérique septentrionale, enlevé trop tôt à la science, M. Mason, dans les *Memoirs of the Americ. Philosoph. Society*, t. VII, p. 177 : 2° une nébuleuse dans laquelle on compte de 6 à 8 noyaux (*Cape Observat.*, p. 19, pl. III, fig. 4) : 3° les nébuleuses semblables à des comètes et présentant la forme de buissons, d'où les rayons nébuleux émanent quelquefois comme d'une étoile de 9e grandeur (*ibid.*, pl. VI, fig. 18, no 2534 et 3688) : 4° une nébuleuse figurant une silhouette (pl. IV, fig. 4, no 3075) : 5° une nébuleuse filiforme, renfermée dans une crevasse (pl. IV, fig. 2, no 3501). Voyez aussi *Cape Observat.*, § 121 : *Outlines of Astron.*, § 883.

(58) [page 512]. *Cosmos*, t. III, p. 119 ; *Outlines of Astron.*, § 785.

(59) [page 512]. *Cosmos*, t. I, p. 123 et 354, note 13. Voyez aussi la 1re édition du *Treatise on Astronomy*, de Sir John Hers-

chel, publié en 1833, dans le *Cabinet Cyclopædia* de Lardner, et traduit en français par M. Cournot (§ 616), et Littrow, *Theoretische Astronomie*, 1834, 2e part., § 234.

(60) [page 312]. Voyez *Edinburg Review*, janvier 1848, p. 187, et *Cape Observations*, §§ 96 et 107. « A zone of nebulæ, dit Sir John Herschel, encircling the heavens, has so many interruptions, and is so faintly marked out through by far the greater part of the circumference, that its existence as such can be hardly more than suspected. »

(61) [page 313]. « Il n'y a point de doute, écrit le Dr Galle, que dans le dessin de Galilée que vous m'avez communiqué (*Opere di Galilei*, Padova, 1744, t. II, p. 14, no 20), soient compris le Baudrier et l'Épée d'Orion, et par suite l'Étoile ϑ. Mais les objets y sont représentés d'une manière si inexacte que l'on a peine à trouver les trois petites étoiles de l'Épée, dont ϑ occupe le centre, et qui, à l'œil nu, semblent rangées en ligne droite. Je pense que vous avez bien tracé l'étoile ι, et que l'étoile brillante, qui est placée à droite, ou celle qui est immédiatement au-dessus, est ϑ. Galilée dit expressément : « In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; verum ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli. » Les observations de Galilée sur la constellation d'Orion sont d'autant plus dignes d'intérêt, que les 400 étoiles, répandues sur 10 degrés de latitude, qu'il croyait distinguer entre le Baudrier et l'Épée, ont conduit plus tard Lambert à son calcul erroné de 1 650 000 étoiles, dans toute l'étendue du firmament. Voyez Nelli, *Vita di Galilei*, t. I, p. 208; Lambert, *Cosmologische Briefe*, 1760, p. 155; Struve, *Astronomie stellaire*, p. 14 et note 16.

(62) [page 313]. *Cosmos*, t. II, p. 282.

(63) [page 314]. « Ex his autem tres illæ pene inter se contiguæ stellæ, cumque his aliæ quatuor, velut trans nebulam lucebant: ita ut spatium circa ipsas, qua forma hic conspicitur, multo illustrius appareret reliquo omni cœlo: quod cum apprime serenum esset ac cerneretur nigerrimum, velut hiatu quodam interruptum videbatur, per quem in plagam magis lucidam esset prospectus. Idem vero in hanc usque diem nihil inmutata facie sæpius atque eodem loco conspexi: adeo ut perpetuam illic sedem habere credibile sit hoc quidquid est portenti: cui certe

simile aliud nusquam apud reliquas fixas potui animadvertere. Nam ceteræ nebulosæ olim existimatæ, atque ipsa via lactea, perspicillo inspectæ, nullas nebulas habere comperiuntur, neque aliud esse quam plurium stellarum congeries et frequentia.» (Christiani Hugenii *Opera varia*, Lugd. Batav., 1724, p. 540 et 541). Le grossissement que Huygens appliqua dans son réfracteur de 25 pieds n'était, suivant sa propre estimation, que de 100 fois (*ibid.*, p. 538). Les « quatuor stellæ trans nebulam lucentes » sont-elles les étoiles du Trapèze? Le petit dessin, très-grossièrement fait, que l'auteur a joint à son livre (tab. XLVII, fig. 4, phænomenon in Orione novum), représente seulement un groupe de ces étoiles; on y voit aussi, à la vérité, une échancrure que l'on peut prendre pour le Sinus magnus: peut-être n'a-t-on voulu indiquer que les trois étoiles du Trapèze qui sont comprises entre la 4e et la 7e grandeur. Dominique Cassini se vantait d'avoir vu le premier la 4e étoile.

(64) [page 514]. William Cranch Bond, dans les *Transactions of the American Academy of Arts and Sciences*, nouvelle série, t. III, p. 87-96.

(65) [page 515]. *Cape Observations*, §§ 54-69, pl. VIII: *Outlines of Astronomy*, §§ 837 et 885, pl. IV, fig. 1.

(66) [page 515]. Sir John Herschel, dans les *Memoirs of the Astronom. Society*, t. II, 1824, p. 487-495, pl. VII et VIII. Le second dessin indique la nomenclature des diverses régions entre lesquelles peut se diviser la nébulosité d'Orion, observée successivement par un si grand nombre d'astronomes.

(67) [page 515]. Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 700. Cassini rangeait l'apparition de cette 4e étoile, « aggiunta della quarta stella alle tre contigue, » parmi les changements qu'avait subis de son vivant la nébulosité d'Orion.

(68) [page 515]. « It is remarkable that within the area of the Trapezium no nebula exists. The brighter portion of the nebula immediately adjacent to the Trapezium, forming the square front of the head, is shown with 18-inch reflector broken up into masses, whose mottled and curdling light evidently indicates by a sort of granular texture its consisting of stars: and when examined under the great light of Lord Rosse's reflector or the exquisite defining power of the great achromatic at Cambridge, U. S.,

is evidently perceived to consist of clustering stars. There can therefore be little doubt as to the whole consisting of stars, too minute to be discerned individually even with the powerful aids, but which become visible as points of light when closely adjacent in the more crowded parts. » (*Outlines of Astron.* p. 609. William C. Bond, qui employait un réfracteur de 23 pieds, muni d'un objectif de 14 pouces, dit: « There is a great diminution of light in the interior of the Trapezium, but no suspicion of a star. » (*Memoirs of the Americ. Academy,* Nouvelle série, t. III, p. 93).

(69) [page 515]. *Philosophical Transactions* for the year 1811, t. CI, p. 324.

(70) [page 516]. « Such is the general blaze from that part of the sky, dit le capitaine Jacob, that a person is immediately made aware of its having risen above the horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, resembling the effect of the young moon. » *Transact. of the Royal Society of Edimburg,* t. XVI, 1849, 4e part., p. 445.

(71) [page 516]. *Cosmos,* t. III, p. 155-157.

(72) [page 516]. *Cape Observations,* §§ 70-90, pl. IX; *Outlines of Astronomy,* § 887, pl. IV, fig. 2.

(73) [page 517]. *Cosmos,* t. I, 122.

(74) [page 517]. *Cape Observations,* § 24, pl. I, fig. 1, nº 3721 du Catalogue; *Outlines of Astronomy,* § 888.

(75) [page 517]. La déterminaison partielle de la nébuleuse du Cygne est: Asc. dr. 20h 49', Décl. du pôle Nord, 58º 27' (*Outlines of Astron.,* § 891). Voyez aussi le Catalogue de 1833, nº 2092, pl. XI, fig. 34.

(76) [page 517]. Comparez le dessin de la planche II, fig. 2, avec ceux de la pl. V, dans les *Thoughts on some important relating to the System of the World,* par le Dr Nichol, professeur d'astronomie à Glasgow, 1846, p. 22. « Lord Rosse, dit Sir John Herschel, dans les *Outlines of Astron.* (p. 607), describes and figures this nebula as resolved into numerous stars with *intermixed nebula.* »

(77) [page 518]. *Cosmos,* t. I, p. 122 et 354, note 11.

(78) [page 518]. Voyez *Report of the fifteenth Meeting of the British Association for the advancement of Science*, Notices, p. 4, et Nichol, *Thoughts on some important points*, etc., en ayant soin de comparer la planche II, fig. 1, avec la planche VI. On lit dans les *Outlines of Astron.* § 882: « The whole, if not clearly resolved into stars, has a resolvable character, which evidently indicates its composition. »

(79) [page 518]. *Cosmos*, t. I, p. 65 et 325.

(80) [page 518]. Voyez La Caille, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1755, p. 195. Ce n'est que par une confusion regrettable que l'on peut appliquer aux *Sacs à charbon* le nom de Taches Magellaniques ou de Nuages du Cap, comme l'ont fait Horner et Littrow.

(81) [page 519]. *Cosmos*, t. II, p. 249 et 426.

(82) [page 520]. Ideler, *Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen*, 1809, p. XLIX et 262. Le nom de Abdourrhaman Soufi, ainsi abrégé par Ouloug Beg, était primitivement Abdourrahman Ebn-Omar Ebn-Mohammed Ebn-Sahl Abou'l Hassan el-Soufi el-Razi. Ouloug Beg qui, comme Nassir-eddin, rectifia, en 1437, les positions d'étoiles de Ptolémée, par ses observations personnelles, reconnaît avoir emprunté à Abdourrahman Soufi 27 positions d'étoiles méridionales, qui n'étaient pas visibles à Samarcande.

(83) [page 521]. Voyez mes recherches sur la découverte de la pointe méridionale de l'Afrique et sur les assertions du cardinal Zurla et du comte Baldelli, dans l'*Examen critique de l'Histoire de la Géographie du nouveau Continent*, t. I, p. 229-348. Diaz, chose singulière! découvrit le cap de Bonne-Espérance appelé par Martin Behaim Terra fragosa et non point Cabo tormentoso, en venant par l'Est, au moment où il sortait de la baie d'Algoa, située par 33° 47' de latitude méridionale, plus de 7° 18' à l'Est de la baie de la Table. Voyez Lichtenstein, dans le *Vaterländisches Museum*, Hambourg, 1810, p. 372-389.

(84) [page 521]. La découverte importante et trop peu appréciée de l'extrémité méridionale du nouveau continent que le Journal d'Ourdaneta désigné par ces mots caractéristiques « Acabamiento de Tierra » *le lieu où expire la terre*, appartient à Fran-

cisco de Hoces qui commandait l'un des vaisseaux de l'expédition dirigée en 1525 par Loaysa. Il vit vraisemblablement une partie de la Terre de Feu à l'Ouest de l'île des États; car le cap Horn est situé, selon Fitz Roy, par 55° 58' 41". Voyez aussi Navarrète, *Viages y descubrimientos de los Espanoles*, t. V, p. 28 et 404.

(85) [page 322]. Humboldt. *Examen critique*, etc., t. IV, p. 205 et 295-316; t. V, p. 225-229 et 325. Comp. Ideler, *Über die Sternnamen*, p. 346.

(86) [page 322]. Pierre Martyr Anghiera, *Oceanica*, dec. III, lib. 1. p. 217. Je suis en mesure d'établir, d'après les résultats numériques donnés par Anghiera (dec. II, lib. 10, p. 204 et Dec. III, lib. 10, p. 232), que la partie des *Oceanica*, dans laquelle il est question des Nuées de Magellan, fut écrite en 1414 et 1416, par conséquent immédiatement après l'expédition de Juan Diaz de Solis au Rio de la Plata, nommé à cette époque Rio de Solis (una mar dulce). La latitude qu'indique Anghiera et beaucoup trop haute.

(87) [page 323]. *Cosmos*, t. II, p. 250; t. III, p. 90.

(88) [page 324]. *Cosmos*, t. I, p. 65 et 325. Voyez aussi dans les *Cape Observations* (p. 143-164). les deux Nuées de Magellan, telles qu'elles paraissent à l'œil nu (pl. VII), l'analyse téléscopique de la Nubecula major (pl. X), et le dessin particulier de la Nébuleuse du Dorado (pl. II, fig. 4). et comp. *Outlines of Astron.*, §§ 892-896, pl. V, fig. 1, et James Dunlop, dans les *Philosoph. Transactions* for. 1828, 1re part., p. 147-151. — Les vues des premiers observateurs étaient tellement erronées que le jésuite Fontaney, dont Dominique Cassini faisait beaucoup de cas, et qui a enrichi la Science d'un grand nombre d'observations importantes, dans l'Inde et en Chine, écrivait encore en 1685: « Le grand et le petit Nuage sont deux choses singulières. Ils ne paroissent aucunement un amas d'étoiles, comme Præsepe Cancri, ni même une lueur sombre, comme la nébuleuse d'Andromède. On n'y voit presque rien avec de très-grandes lunettes, quoique sans ce secours on les voye fort blancs, particulièrement le grand Nuage » (Lettre du Père de Fontaney au Père de la Chaize, confesseur du Roi, dans les *Lettres édifiantes*, Rec. VII, 1703, p. 78, et dans l'*Histoire de l'Académie des Sciences* (de 1686 à 1699), t. II, Paris, 1733, p. 19. Je me suis référé uniquement pour la

description des Nuées Magellaniques au travail de Sir John Herschel.

(89) [page 524]. *Cosmos*, t. III, p. 117 et 265, note 51.

(90) [page 524]. *Cosmos*, t. III, p. 114 et 264, note 41.

(91) [page 525]. Voyez dans les *Cape Observations*, §§ 20-25 et 133, le beau dessin de la pl. II, fig. 4, et une petite carte spéciale, jointe à l'analyse géographique, pl. X. Voyez aussi *Outlines of Astronomy*, § 896, pl. V, fig. 1.

(92) [page 526]. *Cosmos*, t. II, p. 249.

(93) [page 526]. *Mémoires de l'Académie des Sciences* (de 1666 à 1699), t. VII, 2e part. Paris, 1729, p. 206.

(94) [page 526]. Lettre adressée de Sainte-Catherine à Olbers, au mois de janvier 1804, dans le Recueil de Zach, intitulé *Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd-und Himmels-Kunde*, t. X, p. 240. Voyez aussi sur l'observation de Feuillée et sur le dessin grossier du Sac à charbon de la Croix, la même collection, t. XV, 1807, p. 338-391.

(95) [page 527]. *Cape Observations*, pl. XIII.

(96) [page 527]. *Outlines of Astronomy*, p. 531.

(97) [page 527]. *Cape Observations*, p. 384, nº 3407 du Catalogue des Nébuleuses et des amas stellaires. Voyez aussi une notice de Dunlop, dans les *Philosophical Transactions* for 1828, p. 149, et le nº 272 de son Catalogue.

(98) [page 527]. « Cette apparence d'un noir foncé dans la partie orientale de la Croix du Sud, qui frappe la vue de tous ceux qui regardent le Ciel austral, est causée par la vivacité de la blancheur de la Voie lactée, qui renferme l'espace noir et l'entoure de tous côtés » (La Caille, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1755. Paris, 1761, p. 199).

(99) [page 528]. *Cosmos*, t. I, p. 124 et 354, note 17.

(100) [page 528]. « When we see, dit sir John Herschel, in the Coal-Sack (near α Crucis) a sharply defined oval space free from stars, it would seem much less probable that a conical or *tubular* hollow traverses the whole of a starry stratum, continuously extended from the eye outwards, than that a *distant*

mass of comparatively moderate thickness should be simply perforated from side to side (*Outlines of Astronomy*, § 792, p. 532).

(1) [page 528]. Lettre de M. Hooke à M. Auzout, dans les *Mémoires de l'Académie* (de 1666 à 1699), t. VII, 2e part., p. 30 et 73.

(2) [page 528]. *Cosmos*, t. I, p. 126.

(3) [page 531]. Voyez un passage du premier volume du *Cosmos*, (t. I, p. 89 et 119), où je comptais par distances d'Uranus, cette planète étant alors la limite connue du système planétaire. Si l'on prend pour terme de comparaison la distance de Neptune au Soleil, égale à 30,04 rayons de l'orbite terrestre, la distance de l'étoile α du Centaure au Soleil est encore de 7523 distances de Neptune, en supposant la parallaxe de 0",91 (*Cosmos*, t. III, p. 170): et cependant la distance de l'étoile 61 du Cygne est presque 2 fois 1/2 plus grande que celle de α du Centaure. Celle de Sirius, pour une parallaxe de 0"23, l'est quatre fois plus. La distance de Neptune est d'environ 460 millions de myriamètres; celle d'Uranus est d'après Hansen, de 294 millions. La distance de Sirius, calculée par Galle sur la parallaxe d'Henderson, égale 896 800 rayons de l'orbite terrestre, ou 13 762 000 millions de myriamètres, distance que la lumière met 14 ans à parcourir. La comète de 1680 est, à l'aphélie, éloignée du Soleil de 44 distances d'Uranus ou de 28 distances de Neptune. Suivant ces données, la distance de l'étoile α du Centaure au Soleil est à peu près 270 fois plus grande que ce rayon aphélique, que l'on peut considérer comme représentant au minimum le rayon du système solaire (*Cosmos*, t. III, p. 183). L'indication de ces résultats numériques offre du moins l'avantage de montrer comment, en prenant pour unité des étendues immenses, on peut mesurer l'espace sans employer des séries de chiffres qui échappent à l'appréciation.

(4) [page 532]. Sur l'apparition soudaine et la disparition de nouvelles étoiles, voyez le *Cosmos*, t. III, p. 123-158.

(5) [page 536]. J'ai déjà inséré dans le deuxième volume du *Cosmos* (p. 264 et 439, note 25), le passage du Traité *De Revolut.* (lib. I, cap. 10), qui rappele le *Songe de Scipion*.

(6) [page 536]. *Τῆς ἐμψυχίας μέσον τὸ περὶ τὸν ἥλιον, οἱονεὶ καρδίαν ὄντα τοῦ παντός, ὅθεν φέρουσιν αὐτοῦ καὶ τὴν ψυχὴν ἀρξαμένην*

διὰ παντὸς ἥκειν τοῦ σώματος τεταμένην ἀπὸ τῶν περάτων (Theonis Smyrnæi Platonici *Liber de Astronomia*, éd. H. Martin, 1849, p. 182 et 298); publication remarquable en ce qu'elle complète diverses opinions péripatéticiennes d'Adraste, et beaucoup d'idées platoniciennes de Dercylides.

(7) [page 538]. Hansen, dans le *Jahrbuch* de Schumacher pour 1837, p. 65-141.

(8) [page 540]. « D'après l'état actuel de nos connaissances astronomiques, le Soleil se compose: 1° d'un globe central à peu près obscur; 2° d'une immense couche de nuages suspendue à une certaine distance de ce globe et qui l'enveloppe de toutes parts; 3° d'une *photosphère* ou, en d'autres termes, d'une sphère resplendissante qui enveloppe la couche nuageuse, comme cette couche, à son tour, enveloppe le noyau obscur. L'éclipse totale du 8 juillet 1842 nous a mis sur la trace d'une troisième enveloppe, située au-dessus de la *photosphère*, et formée de nuages obscurs ou faiblement lumineux. — Ce sont les *nuages* de la troisième enveloppe solaire, situés en apparence, pendant l'éclipse totale, sur le contour de l'astre ou un peu en dehors, qui ont donné lieu à ces singulières proéminences rougeâtres qui, en 1842, ont si vivement excité l'attention du monde savant. » Arago, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour l'an 1846, p. 464 et 471. Sir John Herschel, dans ses *Outlines of Astronomy*, publiés en 1849, admet aussi: « above the luminous surface of the Sun, and the region in which the spots reside, the existence of a gaseous atmosphere having a somewhat imperfect transparency. »

(9) [page 540]. Il me paraît à propos de citer textuellement les passages auxquels j'ai fait allusion plus haut, et sur lesquels mon attention a été appelée par un Mémoire instructif du Dr Clemens, intitulé: *Giordano Bruno und Nicolaus von Cusa* (1847, p. 101).

Le cardinal Nicolas de Cusa, né à Cues, sur la Moselle, et dont le nom de famille était Khrypffs, c'est-à-dire Krebs (écrevisse), dit, dans le Traité si célèbre de son temps *de docta Ignorantia* (lib. II, cap. 12, p. 39 des *OEuvres complètes*, éd. Basil, 1565): Neque color nigredinis est argumentum vilitatis Terræ; nam in Sole si quis esset, non appareret illa claritas quæ nobis; considerato enim corpore solis, tunc habet quamdam quasi terram cen-

traliorem, et quamdam luciditatem quasi ignitem circumferentialem, et in medio quasi aqueam nubem et aërem clariorem, quemadmodum terra ista sua elementa. » A la marge on lit les mots *paradoxa* et *hypni*, dont le dernier, comme le premier, exprime, sans contredit, des vues hasardées (ὕπνοι, songes). Dans l'écrit de longue haleine qui a pour titre : *Exercitationes ex sermonibus Cardinalis* (*ibid.*, p. 579) se trouve cette comparaison : « Sicut in sole considerari potest natura corporalis, et illa de se non est magnæ virtutis (l'auteur s'exprime ainsi, nonobstant la gravitation !), et non potest virtutem suam aliis corporibus communicare, quia non est radiosa, et alia natura lucida illi unita, ita quod Sol ex unione utriusque naturæ habet virtutem; quæ sufficit huic sensibili mundo ad vitam innovandam in vegetabilibus et animalibus, in elementis et mineralibus, per suam influentiam radiosam : sic de Christo qui est Sol justitiæ.... »

Le Dr Clemens croit que tout ceci est plus qu'un pressentiment heureux : il lui paraît de toute impossibilité que sans une observation suffisamment exacte des taches solaires, des parties noires et des demi-teintes, Cusa ait osé s'appuyer sur l'expérience, dans les passages que je viens de citer (Considerato corpore Solis...; in Sole considerari potest...). Il suppose « que la pénétration des philosophes de la science moderne a été prévenue sur quelques points, et que les idées du Cardinal de Cusa ont pu lui être inspirées par des découvertes auxquelles on attribue faussement une origine plus récente. » Il est, en effet, non-seulement possible, mais très-probable que dans des contrées où l'éclat du Soleil est voilé pendant plusieurs mois, comme cela arrive sur les côtes du Pérou, tant que règne la *garua*, des peuples même sans culture aient aperçu à l'œil nu des taches sur le Soleil; mais que ces taches aient sérieusement attiré leur attention, qu'elles aient joué un rôle dans les mythes religieux des adorateurs du Soleil, c'est ce dont jusqu'à présent aucun voyageur n'a pu nous donner de nouvelles. La seule apparition, d'ailleurs si rare, d'une tache visible à l'œil nu sur le disque du Soleil, abaissé à l'horizon ou voilé de vapeurs légères, et offrant une apparence blanche, rouge, peut-être même verdâtre, n'aurait jamais conduit des penseurs, si exercés qu'ils fussent, à l'hypothèse de plusieurs atmosphères servant d'enveloppes au globe obscur du Soleil. Si le cardinal Cusa avait su quelque chose des taches du Soleil, avec la tendance qu'il n'a que trop à établir des comparaisons entre les choses physiques et les choses intellectuelles, il

n'eût certainement pas manqué de faire allusion aux *maculæ Solis*. Qu'on se rappelle seulement la sensation que produisirent au commencement du XVII[e] siècle, aussitôt après l'invention des lunettes, les découvertes de Jean Fabricius et de Galilée, et les débats violents qu'elles soulevèrent. J'ai déjà, dans le second volume du *Cosmos* (t. II, p. 441, note 33) parlé des théories astronomiques énoncées en termes fort obscurs par le Cardinal, qui mourut en 1464, neuf ans avant la naissance de Copernic. — Le passage remarquable: « Jam nobis manifestum est terram in veritate moveri » se trouve dans le Traité *de docta Ignorantia* (lib. II, cap, 12). D'après Cusa, tout est en mouvement dans les espaces célestes: pas une étoile qui ne décrive un cercle. « Terra non potest esse fixa, sed movetur ut aliæ stellæ. » La Terre cependant ne tourne pas autour du Soleil, tous deux ensemble gravitent autour des « pôles éternellement changeants de l'univers. » Cusa n'a donc rien de commun avec Copernic, ainsi que le démontre le passage dont le D[r] Clemens a trouvé, à l'hôpital de Cues, le texte écrit de la main de Cusa, en 1444.

(10) [page 540]. *Cosmos*, t. II, p. 274-276 et 450, 451, notes 49-53.

(11) [page 541]. *Borbonia Sidera*, id est planetæ qui Solis lumina circumvolitant motu proprio et regulari, falso hactenus ab helioscopis Maculæ Solis nuncupati, ex novis observationibus Joannis Tarde, 1620. — *Austriaca Sidera*, heliocyclica astronomicis hypothesibus illigata opera Caroli Malapertii Belgæ Montensis e Societate Jesu, 1633. Ce dernier écrit a du moins le mérite de donner une suite d'observations sur les taches solaires qui se sont succédé de 1618 à 1626. Ce sont, au reste, les mêmes années pour lesquelles Scheiner a publié ses propres observations, à Rome, dans sa *Rosa Ursina*. Le chanoine Tarde croit au passage de petites planètes sur le disque du Soleil, parce que, dit-il, « l'œil du monde ne peut avoir des ophthalmies. » On s'étonnera avec raison que, 20 ans après Tarde et ses satellites Bourboniens, Gascoigne, qui a fait faire tant de progrès à l'art d'observer (*Cosmos*, t. III, p. 51), attribue encore les taches à la conjonction d'un grand nombre de corps planétaires, presque transparents, qui font leur révolution autour du Soleil, et très-près de lui. Suivant Gascoigne, plusieurs de ces corps accumulés produisent les ombres noires que l'on désigne sous le nom de taches solaires. Voyez dans les *Philosophical Transactions*, t. XXVII,

1710-1712, p. 282-290, un passage extrait d'une lettre de William Crabtrie, en date du mois d'août 1640.

(12) [page 541]. Arago, Sur les moyens d'observer les taches solaires, dans l'*Annuaire* de 1842, p. 476-479. Voyez aussi Delambre, *Histoire de l'Astronomie du moyen âge*, p. 394, et *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. I, p. 681.

(12 *bis*) [page 541, ligne 21]. *Mémoires pour servir à l'Histoire des Sciences*, par M. le Comte de Cassini, 1810, p. 242; Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 694. Quoique Cassini, dès 1671, et Lahire, en 1700, aient déclaré que le globe du Soleil est obscur, on persiste encore dans plusieurs Traités d'Astronomie, fort recommandables d'ailleurs, à attribuer au célèbre Lalande la première idée de cette hypothèse. Lalande, dans l'édition de son Astronomie, publiée en 1792 (t. III, § 3240), aussi bien que dans la première édition de 1764 (t. II, § 2515), ne s'écarte point de l'ancienne opinion de Lahire : « Que les taches sont les éminences de la masse solide et opaque du Soleil, recouverte communément (en entier) par le fluide igné. » C'est entre 1769 et 1774, qu'Alexandre Wilson eut, pour la première fois, une idée claire juste d'une ouverture en forme d'entonnoir, pratiquée dans la photosphère.

(12 *ter*) [page 542, ligne 8]. Alexandre Wilson, *Observations on the Solar Spots*, dans les *Philosoph. Transact.*, t. LXIV, 1774, 1re part., p. 6-13, tab. I. « I found that the Umbra, which before was equally broad all round the nucleus, appeared much contracted *on that part which lay towards the centre of the disc*, whilst the other parts of it remained nearly of the former dimensions. I perceived that the shady zone or umbra, which surrounded the nucleus, might be nothing else but the shelving sides of the luminous matter of the sun. » Voyez aussi Arago, dans l'*Annuaire* pour 1842, p. 506.

(13) [page 542]. Bode dans le Recueil intitulé: *Beschäftigungen der Berlinischen Gesellschaft natur forschender Freunde*, t. II, 1776, p. 237-241 et 249.

(14) [page 543]. On trouve mentionnée dans les fragments historiques de Caton l'ancien, un rapprochement officiel entre les prix élevés du blé et les obscurcissements du Soleil, prolongés pendant plusieurs mois. Les expressions *luminis caligo et*

defectus Solis, ne signifient pas toujours une éclipse; elles n'ont pas en particulier ce sens dans les récits du long affaiblissement de la lumière solaire qui survint après la mort de César; ainsi on lit dans Aulugelle (*Noctes Atticæ*, lib. II, cap. 28: « Verba Catonis in *Originum* quarto hæc sunt: Non libet scribere, quod in tabula apud Pontificem Maximum est, quotiens annona cara, quotiens Lunæ aut Solis lumini caligo aut quid obstiterit. »

(14 *bis*) [page 545, ligne 29]. Gautier, *Recherches relatives à l'influence que le nombre des taches solaires exerce sur les températures terrestres*, dans la *Bibliothèque universelle de Genève*. Nouv. série, t. LI, 1844, p. 327-335.

(15) [page 546]. Arago, dans l'*Annuaire* pour 1846, p. 271-438.

(16) [page 546]. Arago, *ibid.*, p. 440-447.

(16 *bis*) [page 546, ligne 21]. C'est la lueur blanchâtre que l'on vit aussi lors de l'éclipse du 15 mai 1836, et dont le grand astronome de Kœnigsberg disait dès lors avec beaucoup de justesse que, « lorsque la Lune eut couvert complétement le disque solaire, on voyait encore briller un anneau de l'atmosphère du Soleil » (Bessel, dans les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, n° 320).

(17) [page 547]. « Si nous examinions de plus près l'explication, d'après laquelle les protubérances rougeâtres seraient assimilées à des nuages (de la troisième enveloppe), nous ne trouverions aucun principe de physique qui nous empêchât d'admettre que des masses nuageuses de 25 à 3000 lieues de long flottent dans l'atmosphère du Soleil; que ces masses comme certains nuages de l'atmosphère terrestre, ont des contours arrêtés, qu'elles affectent, çà et là, des formes très-tourmentées, même des formes en surplomb, que la lumière solaire (la photosphère) les colore en rouge. — Si cette troisième enveloppe existe, elle donnera peut-être la clef de quelques-unes des grandes et déplorables anomalies que l'on remarque dans le cours des saisons » (Arago, dans l'*Annuaire* pour 1846, p. 460 et 467).

(18) [page 547]. « Tout ce qui affaiblira sensiblement l'intensité éclairante de la portion de l'atmosphère terrestre qui paraît entourer et toucher le contour circulaire du Soleil, pourra contribuer à rendre visibles les proéminences rougeâtres. Il est donc permis d'espérer qu'un astronome exercé, établi au sommet d'une

très-haute montagne, pourrait y observer régulièrement les *nuages de la troisième enveloppe solaire*, situés, en apparence, sur le contour de l'astre *ou un peu en dehors*; déterminer ce qu'ils ont de permanent et de variable, noter les périodes de disparition et de réapparition.... » (Arago, *ibid.*, p. 471).

(19 [page 549]. Il est incontestable que, du temps des Grecs et des Romains, des individus isolés ont pu voir à l'œil nu de grandes taches solaires: mais il ne paraît pas moins certain que ces observations n'ont jamais conduit les auteurs grecs ou latins à mentionner ces phénomènes, dans aucun des ouvrages qui sont parvenus jusqu'à nous. Les passages de Théophraste, *de Signis* (lib. IV, cap. 1, p. 797), d'Aratus, *Diosemeia* (v. 90-92), de Proclus *Paraphr.*, II, 14), dans lesquels Ideler fils (*Veterum*, p. 201 et *Commentaires sur la Météorologie d'Aristote*, t. I, p. 374) a cru trouver des descriptions de taches solaires, indiquent seulement: Que le disque du Soleil, quand il présage le beau temps, n'offre aucune différence sur toute sa surface, rien qu'il soit possible de signaler (μηδέ τι σῆμα φέροι), mais présente une apparence uniforme. Les σήματα autrement dit, les taches qui altèrent la surface du Soleil, sont expressément attribuées à un nuage léger, à l'état de l'atmosphère terrestre; le scoliaste d'Aratus dit: à l'épaississement de l'air. Aussi a-t-on toujours soin de distinguer le Soleil du matin et le Soleil du soir; car le disque solaire, indépendamment de toute véritable tache, fait l'office de diaphanomètre, et, d'après une vieille croyance qu'il ne faut pas mépriser, annonce encore aujourd'hui au laboureur et au marin les changements de temps qui se préparent. On peut, en effet, conclure de l'apparence que présente le Soleil à l'horizon l'état des couches atmosphériques voisines de la Terre. En ce qui concerne les grandes taches, visibles à l'œil nu, que l'on prit, en 807 et en 840, pour des passages de Mercure et de Vénus, la première est mentionnée dans le grand Recueil historique des *Veteres Scriptores* publié par Justus Reubérus, en 1726 (voyez la partie intitulée: *Annales Regum Francorum Pipini, Karoli Magni et Ludovici a quodam ejus ætatis Astronomo, Ludovici regis domestico, conscripti*, p. 58). Ce fut d'abord un Bénédictin qui passa pour l'auteur de ces Annales (p. 28); plus tard, on reconnut qu'elles étaient du célèbre Eginhard ou Einhard, secrétaire privé de Charlemagne. Voyez *Annales Einhardi* dans les *Monumenta Germaniæ historica*, publiés par Pertz (Scrip., t. I, p. 194).

Voici la mention faite par Eginhard des taches du Soleil: « DCCCVII. stella Mercuri XVI kal. April. visa est in Sole qualis parva macula nigra, paululum superius medio centro ejusdem sideris, *quæ a nobis* octo dies conspicata est: sed quando primum intravit vel exivit, nubibus impedientibus, minime notare potuimus. » — Simon Assemanus, dans l'introduction au *Globus cœlestis Cufico-Arabicus Veliterni Musei Borgiani*, 1790, p. XXXVIII, mentionne le prétendu passage de Vénus, rapporté par les astronomes arabes: « Anno Hegyræ 225 regnante Almootasemo Chalifa, visa est in Sole prope medium nigra quædam macula, idque feria tertia die decima nona Mensis Regebi.... » On prit cette tache pour Vénus, et on crut voir la planète pendant 91 jours, avec des interruptions de 12 à 15 jours, il est vrai. Peu de temps après mourut Motassem. — Parmi les nombreux exemples que j'ai recueillis de récits historiques ou de traditions populaires mentionnant des diminutions subites dans l'éclat du jour, je citerai les suivants, au nombre de 17:

A. 45 av. J.-C. Lors de la mort de Jules César, après laquelle le Soleil resta, pendant une année entière, pâle et moins chaud que d'habitude. L'air était épais, froid et sombre; les fruits ne purent venir à maturité (voyez Plutarque, *Jules César*, chap. 87; Dion Cassius, liv. XLIV: Virgile, *Géorgiques*, liv. I, v. 466.

A. 33 ap. J-C. Année de la mort du Sauveur. « A partir de la sixième heure, une obscurité se répandit sur tout le pays jusqu'à la neuvième heure » (*Évang. selon saint Matthieu*, chap. 27, v. 45). D'après l'*Évang. selon saint. Luc* (chap. 23, v. 45): « Le soleil perdit son éclat. « Eusèbe, cite à l'appui de cette indication une éclipse de Soleil, arrivée dans la CCII^e olympiade, dont avait fait mention un chroniqueur Phlégon de Tralles, (Ideler, *Handbuch der Mathem. Chronologie*, t. II, p. 417). Mais Wurm a démontré que cette éclipse, visible dans toute l'Asie Mineure, avait eu lieu dès l'année 29 après la naissance du Christ, le 24 novembre, trois ou quatre ans par conséquent avant sa mort. Le jour de la Passion tomba le 14 du mois de Nisan, jour de la Pâque des Juifs (Ideler, *ibid.*, t. I, p. 515, 520); or la Pâque était toujours célébrée à l'époque de la pleine Lune. Le Soleil ne peut donc pas avoir été éclipsé par la Lune durant trois heures. Le jésuite Scheiner croyait pouvoir attribuer la diminution d'éclat du Soleil à un groupe de taches, couvrant une vaste étendue du disque solaire.

A. 358. Le 22 août : obscurcissement avant-coureur du terrible tremblement de terre de Nicomédie, qui détruisit aussi beaucoup d'autres villes, en Macédoine et dans le Pont. L'obscurité dura 2 ou 3 heures: Nec contigua vel apposita cernebantur » dit Ammien Marcellin (lib. XVII, cap. 7).

A. 360. Les ténèbres s'étendirent depuis le matin jusqu'à midi, dans toutes les provinces orientales de l'Empire romain : « Per Eoos tractus, caligo a primo auroræ exortu adusque meridiem » (Ammien Marcellin, lib. XX, cap. 3). Les étoiles étaient visibles; ainsi ce phénomène n'était point dû à une pluie de cendres, et sa durée ne permit pas de l'attribuer, comme fait l'historien, à une éclipse totale, « Cum lux cœlestis operiretur, e mundi conspectu penitus luce abrepta, defecisse diutius solem pavidæ mentes hominum æstimabant: primo attenuatum in lunæ corniculantis effigiem, deinde in speciem auctum semenstrem, posteaque in integrum restitutum. Quod alias non evenit ita perspicue, nisi cum post inæquales cursus intermenstruum lunæ ad idem revocatur. » La description s'applique bien à une éclipse du Soleil; mais que penser de sa longue durée et de ces ténèbres répandues dans toutes les provinces orientales de l'empire?

A. 409. Lorsqu'Alaric parut devant Rome. L'obscurcissement permit d'apercevoir des étoiles en plein jour. (Schnurrer, *Chronik der Seuchen*, 1re part., p. 113).

A. 536. Justinianus I Cæsar imperavit annos triginta octo (527-565). Anno imperii nono, deliquium lucis passus est Sol, quod annum integrum et duos amplius menses duravit, adeo ut parum admodum de luce ipsius appareret; dixeruntque homines Soli aliquid accidisse, quod nunquam ab eo recederet (Gregorius Abul'Faragius, *Supplementum Historiæ Dynastiarum*, éd. Edw. Pocock, 1663, p. 94). Ce phénomène a dû être fort semblable à celui de 1783. On a bien adopté en Allemagne un nom particulier (Hœhenrauch, brouillard sec), pour désigner ces affaiblissements dans l'intensité du Soleil; mais les explications que l'on a tenté d'en donner sont loin de s'appliquer à tous les cas.

A. 567. Justinus II annos 13 imperavit (565-578. Anno imperii ipsius secundo, apparuit in cœlo ignis flammans juxta polum arcticum, qui annum integrum permansit: obtexeruntque tenebræ mundum ab hora diei nono noctem usque, adeo ut nemo quidquam videret: deciditque ex aëre quoddam pulveri minuto et cineri simile. (Abu'l-Faragius, *Supplem. Histor. Dynast.*, p. 95).

Ainsi il semble que ce phénomène apparut d'abord comme un orage magnétique, comme une auréole boréale perpétuelle, qui dura toute une année, et à laquelle succédèrent les ténèbres et une pluie de cendres.

A. 626. Toujours d'après Abu'l-Faragius (*ibid*, p. 94 et 99), la moitié du disque solaire resta obscurcie pendant huit mois.

A. 733. Une année après que les Arabes eurent été rejetés au delà des Pyrénées, à la suite de la bataille de Tours. Le Soleil fut obscurci, le 19 août, de manière à causer de l'effroi (Schnurrer *Chronik der Seuchen*, 1re part., p. 164).

A. 807. On vit sur la surface du Soleil une tache qui fut prise pour Mercure (Reuberus, *Veteres Scriptores*, p. 58). Voyez plus haut, p. 517.

A. 840. Du 28 mai au 26 août, on observa le prétendu passage de Vénus sur le Soleil. Voyez plus haut, p. 444 et 669. Suivant Assemanus, ce phénomène aurait commencé au mois de mai 839. De 384 à 841, régna le calife Al-Motassem, qui fut le huitième calife, et eût pour successeur Haroun-el-Watek.

A. 934. Dans la curieuse Histoire du Portugal, de Faria y Souza (1730, p. 147), je trouve ces mots: « En Portugal se vió sin luz la Tierra por dos meses. Avia el Sol perdido su splendor. » Alors le ciel s'ouvrit *por fractura* avec beaucoup d'éclairs, et le Soleil recouvra subitement tout son éclat.

A. 1091. Le 21 septembre, le Soleil subit un obscurcissement de trois heures, après lequel il conserva une couleur particulière. « Fuit eclipsis Solis 11 kal. octob. fere tres horas: Sol circa meridiem dire nigrescebat. » (Martin Crusius *Annales Suevici*, Francof. 1795, t. I, p. 279. Voyez aussi Schnurrer, *Cronick der Seuchen*, 1re part., p. 219).

A. 1096. Le 3 mars, on reconnut à l'œil nu des taches sur le Soleil: « signum in Sole apparuit V. Non. Martii feria secunda incipientis quadragesimæ. » (Joh. Saindelii, presbyteri Pataviensis, *Chronicon generale*, dans les *Rerum Boicarum Scriptores* d'Oefelius, t. I, 1763, p. 485).

A. 1206. D'après Joaquin de Villalba (*Epidemiologia espanola*. Madrid, 1803, t. I, p. 30), il survint, le dernier jour de février, une obscurité complète qui dura six heures: « el dia ultimo del mes de Febrero hubo un eclipse de Sol que duró seis horas con tanta obscuridad como si fuera media noche. Siguiéron á este fenomeno abundantes y continuas lluvias. » — Un phénomène presque semblable est cité par Schnurrer, comme s'étant pro-

duit au mois de juin 1191. Voyez *Chronik der Seuchen*, 1re part., p. 258 et 265.

A. 1241. Cinq mois après le combat des Mongols, près de Liegnitz. « obscuratus est Sol (in quibusdam locis)? et factæ sunt tenebræ, ita ut stellæ viderentur in cœlo, circa festum S. Michaelis, hora nona » (*Chronicon Claustro-Neoburgense*, du cloître de Neubourg, près de Vienne). Cette chronique, qui embrasse l'espace, compris entre l'an 218 après J.-C. et l'an 1348, fait partie du Recueil de Pez, *Scriptores rerum Austriacarum*, Lipsiæ 1721, t. I, p. 458.

A. 1547. Les 23, 24 et 25 avril, c'est-à-dire la veille, le jour et le lendemain de la bataille de Muhlbach, dans laquelle l'électeur Jean Frédéric fut fait prisonnier. Képler dit, à ce sujet, dans les *Paralipom. ad Vitellium, quibus Astronomiæ pars optica traditur* (1604, p. 259) : « refert Gemma, pater et filius, anno 1547, ante conflictum Caroli V cum Saxoniæ Duce, Solem per tres dies ceu sanguine perfusum comparuisse, ut etiam stellæ pleræque in meridie conspicerentur. » Voyez encore Képler, *de Stella nova in Serpentario*, p. 113. Il ne sait quelle cause assigner à ce phénomène : « Solis lumen ob causas quasdam sublimes hebetari... » Il suppose que cet effet put être produit par une « materia cometica latius sparsa, » et affirme seulement que la cause devait être placée en dehors de notre atmosphère, puisque l'on voyait des étoiles en plein midi. » Schnurrer (*Chronick der Seuchen*, 2e part., p. 93), prétend, malgré la visibilité des étoiles, que ce phénomène fut causé par un brouillard sec, attendu que l'empereur Charles-Quint se plaignait avant la bataille, « semper se nebulæ densitate infestari, quoties sibi cum hoste pugnandum sit. » Lambertus Hortensius, *de Bello Germanico*, Basil., 1560, lib. VI, p. 182).

(20) [page 350]. Déjà Horrebow (*Basis Astronomiæ*, 1735, § 226) se sert de la même expression. La lumière solaire est, selon lui, « une aurore boréale perpétuelle, produite dans l'atmosphère du Soleil par l'action contraire des forces magnétiques. » Voyez Hanow, dans Joh. Dan. Titius, *gemeinnützige Abhandlungen über natürliche Dinge*, 1768, p. 102.

(21) [page 352]. Voyez Arago dans les *Mémoires des Sciences mathém. et phys. de l'Institut de France*, année 1811, 1re part., p. 118 ; Mathieu, dans Delambre, *Histoire de l'Astronomie au* XVIIIe *siècle*, p. 351 et 652 ; Fourier, *Éloge de William Herschel*,

dans les *Mémoires de l'Instilut.*, t. VI, année 1823 (Paris, 1827), p. LXXII. L'expérience ingénieuse, faite par Forbes, en 1836, durant une éclipse de Soleil, est aussi un fait remarquable, et qui prouve une grande homogénéité dans la nature de la lumière, qu'elle émane du centre ou des bords. Il fit voir qu'un spectre solaire exclusivement formé de rayons partant des bords de l'astre, est identique, pour le nombre et la position des lignes sombres ou raies qui le croisent, avec celui qui provient du disque entier. Si, dans la lumière solaire, il manque des rayons d'une certaine réfrangibilité, ce n'est donc pas, ainsi que le suppose Sir David Brewster, parce que ces rayons se sont perdus dans l'atmosphère du Soleil, puisque les rayons des bords qui ont traversé des couches beaucoup plus épaisses produisent les mêmes lignes obscures (Forbes, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. II, 1836. p. 576). Je réunis à la fin de cette note tout ce que j'ai recueilli en 1847, dans les manuscrits d'Arago :

« Des phénomènes de la Polarisation colorée donnent la certitude que le bord du Soleil a la même intensité de lumière que le centre : car en plaçant dans le Polariscope un segment du bord sur un segment du centre, j'obtiens (comme effet complémentaire du rouge et du bleu) un blanc pur. Dans un corps solide (dans une boule de fer chauffée au rouge) le même angle de vision embrasse une plus grande étendue au bord qu'au centre, selon la proportion du Cosinus de l'angle : mais dans la même proportion aussi, le plus grand nombre de points matériels émettent une lumière plus faible *en raison de leur obliquité.* Le rapport de l'angle est naturellement le même pour une sphère gazeuse : mais l'obliquité ne produisant pas dans les gaz le même effet de diminution que dans les corps solides, le bord de la sphère gazeuse serait plus lumineux que le centre. Ce que nous appelons le disque lumineux du Soleil, est la Photosphère gazeuse, comme je l'ai prouvé par le manque absolu de traces de polarisation sur le bord du disque. Pour expliquer donc *l'égalité d'intensité* du bord et du centre indiquée par le Polariscope, il faut admettre une enveloppe extérieure qui diminue (éteint) moins la lumière qui vient du centre que les rayons qui viennent sur le long trajet du bord à l'œil. Cette enveloppe extérieure forme la couronne blanchâtre dans les éclipses totales du Soleil. — La lumière qui émane des corps solides et liquides incandescents, est partiellement polarisée quand les rayons obser-

vés forment avec la surface de sortie un angle d'un petit nombre de degrés ; mais il n'y a aucune trace sensible de polarisation lorsqu'on regarde de la même manière dans le Polariscope des gaz enflammés. Cette expérience démontre que la lumière solaire ne sort pas d'une masse solide ou liquide incandescente. La lumière ne s'engendre pas uniquement à la surface des corps : une portion naît dans leur substance même, cette substance fût-elle du platine. Ce n'est donc pas la décomposition de l'oxygène ambiant qui donne la lumière. L'émission de lumière polarisée par le fer liquide est un effet de réfraction au passage vers un milieu d'une moindre densité. Partout où il y a réfraction, il y a production d'un peu de lumière polarisée. Les gaz n'en donnent pas, parce que leurs couches n'ont pas assez de densité. — La Lune, suivie pendant le cours d'une lunaison entière, offre des effets de polarisation, excepté à l'époque de la pleine lune et des jours qui en approchent beaucoup. La lumière solaire trouve, surtout dans les premiers et les derniers quartiers, à la surface inégale (montagneuse) de notre satellite des inclinaisons de plans convenables pour produire la polarisation par réflexion. »

(22) [page 352]. Sir John Herschel, *Cape Observations*, § 425, p. 434 ; *Outlines of Astronomy*, § 395, p. 234. Voyez aussi Fizeau et Foucault, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVIII, 1844, p. 860. Il est assez remarquable que Giordano Bruno, qui monta sur le bûcher huit ans avant l'invention du télescope et onze ans avant la découverte des taches solaires, crut à la rotation du Soleil autour de son axe. En revanche, il pensait que le centre de cet astre était moins éclatant que ses bords. Trompé par quelque effet d'optique, il croyait voir tourner le disque du Soleil et les bords tourbillonnants s'étendre et se contracter. Voyez Christian Bartholmèss, *Jordano Bruno*, t. II, 1847, p. 367.

(23) [page 353]. Fizeau et Foucault, *Recherches sur l'intensité de la lumière émise par le Charbon dans l'expérience de Davy*, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVIII, 1844, p. 753. — « The most intensely ignited solids (ignited quicklime in lieutenant Drummond's oxy-hydrogen lamp) appear only *as black spots* on the disc of the sun when held between it and the eye (*Outlines of Astron.*, p. 236). Voyez aussi *Cosmos*, t. II, p. 276.

(24) [page 553]. Consultez le Commentaire d'Arago sur les lettres de Galilée à Marcus Welser, et dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1842, p. 482-487, ses explications sur l'influence de la lumière solaire, réfléchie par les couches atmosphériques, qui semble envelopper d'un voile lumineux les objets célestes, vus dans le champ d'un télescope.

(25) [page 553]. Mædler, *Astronomie*, p. 81.

(26) [page 554]. Voyez *Philosoph. Magazine*, sér. III, t. XXVIII, p. 250; et Poggendorff's *Annalen der Physik*, t. LXVIII, p. 101.

(27) [page 555]. Voyez Faraday, sur le Magnétisme atmosphérique, dans les *Experim. Researches on Electricity*, sér. XXV et XXVI (*Philosoph. Transact.* for 1851, 1re part.), §§ 2774, 2780, 2881, 2892-2968, et pour l'historique de cette question, § 2847.

(28) [page 556]. Voyez Nervander, d'Helsingfors, dans le *Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. III, 1845, p. 30-32, et *Buys-Ballot*, d'Utrecht, dans Poggendorff's, *Annalen der Physik*, t. LXVIII, 1846, p. 205-215.

(29) [page 556]. J'ai indiqué par des guillemets, de la page 556 à la page 559, les emprunts faits aux manuscrits de Schwabe. Les Observations de 1826 à 1843 ont été seules publiées dans les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, no 495, t. XXI, 1844, p. 235.

(30) [page 559]. Sir John Herschel, *Cape Observations*, p. 434.

(31) [page 560]. *Cosmos*, t. I, p. 161 et 381, note 79.

(32) [page 561]. Gesenius, dans le Recueil intitulé *Hallische Litteratur-Zeitung*, 1822, n. 101 et 102 (*Ergänzungsblatt*, p. 801-812). Chez les Chaldéens, le Soleil et la Lune étaient les deux divinités principales; aux cinq planètes étaient préposés de simples génies.

(33) [page 561]. Platon, *Timée*, p. 38, éd. Henri Estienne; t. I, p. 105 de la traduction de M. H. Martin. Voyez aussi t. II, p. 64.

(34) [page 562]. Boeckh, *de Platonico systemate cœlestium globorum et de vera indole astronomiæ Philolaicæ*, p. XVII, et *Philolaus*, 1819, p. 99.

(35) [page 362]. Julius Firmicus Maternus, *Astronomiæ libri VIII* (ed. Pruckner. Basil., 1551, lib. II, cap. 4): l'auteur était contemporain de Constantin le Grand.

(36) [page 362]. Humboldt, *Monuments des peuples indigènes de l'Amérique*, t. II, p. 42-49. Dès l'année 1812, j'ai signalé les analogies du zodiaque de Bianchini avec celui de Dendérah. Voyez aussi Letronne, *Observations critiques sur les représentations zodiacales*, p. 97, et Lepsius, *Chronologie der Ægypter*, 1849, p. 80.

(37) [page 362]. Letronne. *Sur l'origine du Zodiaque grec*, p. 29 : Lepsius, *Chronologie der Ægypter*, p. 83. Letronne conteste, à cause du nombre 7, l'origine chaldéenne de la semaine planétaire.

(38) [page 362]. Vitruve, *de Architectura*, lib. IX, cap. 4. Ni Vitruve ni Martian Capella ne prétendent que les Égyptiens soient les auteurs du système où Mercure et Vénus sont considérés comme des satellites du Soleil, tournant lui-même autour de la Terre. On lit dans le premier : « Mercurii autem et Veneris stellæ circum Solis radios, Solem ipsum, uti centrum, itineribus coronantes, regressus retrorsum et retardationes faciunt. »

(39) [page 362]. Martianus Mineus Felix Capella, *de Nuptiis philologiæ et Mercurii*, lib. VIII, éd. Grotius, 1599, p. 289 : « Nam Venus Mercuriusque, licet ortus occasusque quotidianos ostendant, tamen eorum circuli Terras omnino non ambiunt, sed circa Solem laxiore ambitu circulantur. Denique circulorum suorum centron in Sole constituunt, ita ut supra ipsum aliquando... » Ce passage, qui est placé sous le titre : « Quod Tellus non sit centrum omnibus planetis, » a pu, sans doute, ainsi que l'affirme Gassendi, influer sur les premiers aperçus de Copernic, plus que les textes attribués au grand géomètre Apollonius de Perge. Cependant Copernic se borne à dire : « Minime contemnendum arbitror, quod Martianus Capella scripsit, existimans quod Venus et Mercurius circumerrant Solem in medio existentem. » Voyez le *Cosmos*, t. II, p. 266 et 442 (note 34).

(40) [page 362]. Henri Martin (*Études sur le Timée de Platon*, t. II, p. 129-133), me semble avoir parfaitement expliqué le passage de Macrobe au sujet du système des Chaldéens, qui avait induit en erreur un philologue éminent, Ideler. Voyez le Mémoire d'Ideler *sur Eudoxe* (p. 48) et le *Museum der Alterthums-Wissenschaft* de Wolf et Buttmann (t. II, p. 443). Macrobe, *in Somnium*

Scipionis, lib. I, cap. 19, et lib. II, cap. 3, Biponti, 1788, p. 91 et 129, ne sait rien du système de Vitruve et de Martian Capella, d'après lequel Mercure et Vénus seraient des satellites du Soleil, se mouvant lui-même comme les autres planètes autour de la Terre immobile. Il indique seulement, en se référant à Cicéron, les différentes opinions sur l'ordre des orbites décrites par le Soleil, Vénus, Mercure et la Lune. « Ciceroni Archimedes et Chaldæorum ratio consentit, Plato Ægyptios secutus est. » Quand Cicéron, dans cette description du système planétaire (*Somnium Scipionis*, cap. 4), s'écrie: « Hunc (Solem) ut comites consequuntur, Veneris alter, alter Mercurii cursus, » il a énuméré précédemment les orbites de Saturne, de Jupiter et de Mars, et veut seulement faire allusion à la proximité des orbites du Soleil et des deux planètes inférieures, Vénus et Mercure. Tous les corps célestes circulent, selon lui, autour de la Terre, comme autour d'un point fixe. L'orbite d'un satellite ne peut pas enfermer celle de la planète principale, et cependant Macrobe dit sans hésitation: « Ægyptiorum ratio talis est: circulus, per quem sol discurrit, a Mercurii circulo ut inferior ambitur, illum quoque superior circulus Veneris includit. » Il entend donc parler d'orbites parallèles qui s'enveloppent les unes les autres.

(41) [page 365]. Lepsius, *Chronologie der Ægypter*, 1re part., p. 207.

(42) [page 365]. Le nom mutilé de la planète Mars, dans Vettius Valens et dans Cedrenus, correspond probablement au nom Her-tosch, comme Seb à Saturne. Voyez Lepsius, *Chronologie der Ægypter*, p. 90 et 93.

(43) [page 365]. On ne peut comparer Aristote (*Metaph.*, lib. XII, cap. 8, p. 1073, éd. Bekker), avec le Pseudo-Aristote, (*de Mundo*, cap. 2, p. 392), sans être frappé du contraste qu'ils présentent. Dans le traité *de Mundo*, on trouve déjà les noms des planètes Phaëthon, Pyrois, Hercule, Stilbon et Junon, ce qui indique l'époque d'Apulée et des Antonins, où déjà l'astrologie chaldéenne était répandue par tout l'empire romain, et où l'on mêlait des dénominations empruntées à différents peuples. (Voyez le *Cosmos*, t. II, p. 10 et 316). Diodore de Sicile dit positivement que les Chaldéens, dès le principe, nommèrent les planètes d'après leurs divinités babyloniennes, et que ces noms passèrent de la sorte chez les Grecs. Ideler (*Eudoxe*, p. 48) attribue, au contraire, ces

noms aux Égyptiens, et se fonde sur l'antique existence d'une semaine planétaire de sept jours sur les bords du Nil (*Handbuch der Chronologie*, t. I, p. 180), hypothèse complétement réfutée par Lepsius (*Chronologie der Ægypter*, 1re part., p. 131). Je rassemble ici, d'après Ératosthène, d'après l'auteur de l'Épinomis, probablement Philippus Opuntius, d'après Géminus, Pline, Théon de Smyrne, Cléomède, Achille Tatius, Jules Firmicus et Simplicius, tous les noms sous lesquels ont été désignées les cinq anciennes planètes, et dont nous devons surtout la conservation à la manie des rêveries astrologiques :

Saturne : φαίνων, Némésis ; cette planète est aussi désignée comme un soleil par cinq auteurs. (Voyez Théon de Smyrne, p. 87 et 165, éd. de Henri Martin) ;

Jupiter : φαέθων, Osiris ;

Mars : πυρόεις, Hercule ;

Vénus : ἑωσφόρος, φωσφόρος, Lucifer ; ἕσπερος, Vesper ; Junon ; Isis ;

Mercure : στίλβων, Apollon.

Achille Tatius (*Isagoge in Phænom. Arati*, cap. 17), trouve singulier que « les Égyptiens, comme les Grecs, aient décoré du nom de brillante (φαίνων), la moins lumineuse de toutes les planètes. « Peut-être bien, ajoute-t-il, cela tient-il à son influence bienfaisante. » D'après Diodore, ce nom viendrait de ce que « Saturne était de toutes les planètes celle qui pronostiquait l'avenir le plus souvent et de la manière la plus claire. » (Letronne, *sur l'origine du Zodiaque grec*, p. 33 et dans le *Journal des Savants*, 1836, p. 17 ; voyez aussi Carteron, *Analyse de recherches zodiacales*, p. 97). Des dénominations, qui d'équivalent en équivalent, passent ainsi d'un peuple à l'autre, doivent souvent leur origine à des hasards qu'il est impossible de démêler ; cependant, nous devons faire remarquer que, φαίνειν, à proprement parler, n'exprime qu'une apparence lumineuse, c'est-à-dire une lueur calme, constante et d'une égale intensité, tandis que στίλβειν suppose un éclat plus vif, mais variable, quelque chose de scintillant. Les épithètes de φαίνων, pour la planète la plus éloignée, Saturne, de στίλβων, pour Mercure, plus rapproché du Soleil, paraîtront d'autant plus justes relativement, que l'on se rappellera ce que j'ai dit plus haut (*Cosmos*, t. III, p. 58), que Saturne et Jupiter, vus de jour, dans la grande lunette de Fraunhofer, semblent ternes, en comparaison du disque scintillant de Mercure. Ces qualifications, ainsi que le remarque le professeur J. Franz, indiquent

donc une progression croissante, qui partant de Saturne (φαίνων), passe par Jupiter, le guide éclatant du char lumineux (φαέθων), par Mars, l'astre incandescent (πυρόεις), et arrive enfin à Vénus (φωσφόρος) et à Mercure (στίλβων).

La dénomination indienne de Saturne ('sanaistschara), *qui se meut lentement*, m'a donné l'idée de poser à mon illustre ami Bopp, la question de savoir, si, en général, pour les noms indiens des planètes, comme pour les noms en usage chez les Grecs et probablement aussi chez les Chaldéens, il y a lieu de distinguer entre des noms mythologiques et de simples épithètes. J'insère ici les explications que je dois à l'obligeance de cet illustre linguiste, en ayant soin de prévenir que je suis, pour les planètes, l'ordre d'après lequel elles sont rangées par rapport au soleil, et non pas l'ordre adopté dans l'*Amarakoscha* (voyez Colebrooke, *Miscellaneous Essays,* t. II, p. 17 et 18). Sur les cinq noms sanscrits des planètes, trois sont des noms descriptifs: ce sont ceux de Saturne, de Mars et de Vénus.

« Saturne: 'sanaistschara, formé de 'sanais, *lentement*, et tschara, *qui se meut,* s'appelle aussi 'sauri, l'un des noms de Wischnou, dérivé par voie patronymique de 'sûra, nom du grand-père de Krischna. Saturne était encore désigné sous la dénomination de 'Sani. Le nom 'Sani-vâra, signifiant dies Saturni, se rattache également à l'adverbe 'sanais, *lentement*. Les noms planétaires des jours de la semaine paraissent cependant inconnus à Amarasinha. Ils ne furent sans doute introduits que plus tard. »

« Jupiter: Vrihaspati, ou plus anciennement, suivant l'orthographe des Védas adoptée par Lassen, Brihaspati: Seigneur de la Croissance; ce nom qui était celui d'une divinité védique, est formé de vrih (brih) *croître,* et pati, *maître.* »

« Mars: Angaraka (de angara, *charbon ardent*), s'appelait encore lohitânga, *le corps rouge*, de lôhita, *rouge*, et anga, *corps.* »

« Vénus: planète mâle, nommée 'sukra, c'est-à-dire l'*eclatante*. Cette planète portait aussi le nom de Daitya-guru: de guru, *maître*, et de Daityas, *les Titans.* »

« Mercure: Boudha, ne doit point être confondu avec le législateur religieux Bouddha. Mercure s'appelait encore Rauhinêya, c'est-à-dire fils de la nymphe Rohinî, épouse de la Lune (soma), d'où lui est venu aussi le nom de Saumya. La racine commune de Boudha, la planète, et de Bouddha, personnage divin, est budh, *savoir*. Il me semble peu probable que le mot saxon Wuotan (Wotan, Odin), se rattache au mot Boudha. Cette supposition

paraît fondée principalement sur la ressemblance extérieure des formes et sur ce fait que toutes deux désignent un même jour de la semaine: dies Mercurii, en vieux saxon Wôdanes dag, en indien Budha-vâra. Vâra signifie originairement *fois*, comme dans bahuvârân, *grand nombre de fois;* plus tard, placé à la fin d'un mot, il exprime l'idée de jour. Jacob Grimm (*Deutsche Mythologie*, p. 120), dérive le nom germanique Wuotan, du verbe watan, vuot (actuellement waten), qui signifie: *meare, transmeare, cum impetu ferri*, et correspond littéralement au latin vadere. Wuotan ou Odinn est, d'après Jacob Grimm, l'être tout-puissant, qui pénètre tout: « Qui omnia permeat, » comme le dit Lucain de Jupiter. Voyez sur les noms indiens des jours de la semaine, sur Boudha et Bouddha, et sur les jours de la semaine, en général, les remarques de mon frère dans l'écrit: *ueber die Verbindungen zwischen Java und Indien* (*Kawisprache*, t. I, p. 187).

(44) [page 363]. Voyez Letronne, *Sur l'amulette de Jules César et les signes planétaires*, dans la *Revue archéologique*, 3e année, 1846, p. 261. Saumaise voyait dans le plus ancien signe planétaire de Jupiter la lettre initiale de Ζεύς; dans celui de Mars une abréviation du surnom Θούριος. Le disque solaire, employé comme signe, était rendu presque méconnaissable par un faisceau oblique et triangulaire de rayons. A part le système pythagoricien de Philolaus, la Terre n'était pas comptée parmi les planètes, c'est pourquoi Letronne considère le signe planétaire de la Terre comme ayant été introduit postérieurement à Copernic. — Le remarquable passage d'Olympiodore sur la consécration des différents métaux à chacune des planètes, est emprunté a Proclus et a été signalé pour la première fois par Bœckh; il se trouve à la page 14, dans l'édition de Bâle, à la page 30, dans celle de Schneider. Comp.: Aristote, *Météorol.*, éd. Ideler, t. II, p. 163. La scolie sur les *Isthmiques* de Pindare (V, 2), dans laquelle les métaux sont rapprochés des planètes, appartient à l'école néo-platonicienne; voyez Lobeck, *Aglaophamus*, t. II, p. 936. Par la même association d'idées, les signes planétaires sont devenus peu à peu des signes des métaux, et, pour quelques-uns, les noms mêmes se sont confondus. Ainsi le nom de Mercure désigne le vif-argent, l'argentum vivum et l'hydrargyrus de Pline. Dans la précieuse collection des manuscrits grecs de la Bibliothèque de Paris, on trouve sur l'art cabalistique du grand œuvre

deux manuscrits, dont l'un (nº 2250), renferme les noms des métaux consacrés aux planètes, sans l'emploi des signes : l'autre (nº 2329), sorte de dictionnaire de Chimie qui d'après le caractère de l'écriture peut être rapporté au XVe siècle, présente les noms des métaux réunis à un petit nombre de signes planétaires (Hoefer, *Histoire de la Chimie*, t. I, p. 250). Dans le manuscrit nº 2250, le vif argent est consacré à Mercure et l'argent à la Lune, tandis que dans le nº 2329 le vif argent est consacré à la Lune et l'étain à Jupiter : Olympiodore assignait ce dernier métal à Mercure : tant il y avait peu de fixité dans ces relations mystiques des astres avec les propriétés des métaux.

C'est ici le lieu de nous occuper des heures et des jours de la semaine spécialement affectés aux diverses planètes. Ce n'est que tout récemment que l'on s'est fait des idées justes sur l'antiquité de cet usage et que l'on a reconnu à quel point il était répandu chez les nations lointaines. Ainsi que l'a démontré Lepsius (*Chronologie der Ægypter*, p. 132), et que le prouvent des monuments qui remontent aux premiers temps de la construction des grandes pyramides, la semaine des Égyptiens était composée non pas de sept jours, mais de dix. Trois de ces décades formaient un des douze mois de l'année solaire. Quand on lit, dans Dion Cassius (lib. XXXVII, cap. 18), que l'usage de désigner les jours d'après les noms des sept planètes était né originairement en Égypte, et de là s'était répandu, à une époque assez récente, chez tous les autres peuples, notamment chez les Romains, parmi lesquels il s'était, au temps de Dion Cassius, complètement naturalisé, il ne faut pas oublier que cet écrivain était contemporain d'Alexandre Sévère, et que depuis l'invasion de l'astrologie orientale sous les Césars, et par suite du grand concours de tant de peuples à Alexandrie, il était de mode en Occident d'appeler Égyptien tout ce qui semblait antique. C'est sans doute chez les nations sémitiques que la semaine de sept jours remonte le plus haut et fut le plus répandue. Ce fait, au reste, n'est pas particulier aux Hébreux ; il se retrouve chez les Arabes nomades, longtemps avant Mahomet. J'ai posé à un savant très-versé dans les antiquités sémitiques, au professeur Tischendorf, de Leipsig, la question de savoir si, à part le nom du Sabbat, il n'existe pas dans l'Ancien Testament, pour les différents jours de la Semaine, des dénominations distinctes autres que celles de 2e et de 3e jour de la *schebua* ; si dans le Nouveau Testament, à une époque où sans aucun doute des étrangers s'oc-

cupaient déjà en Palestine d'astrologie planétaire, il ne se rencontre nulle part de dénomination empruntée aux planètes, pour désigner quelqu'un des jours de la période hebdomadaire? La réponse fut celle-ci: « Non-seulement l'Ancien ni le Nouveau Testament, mais la *Mischna* non plus que le *Talmud*, n'offrent aucune trace de noms de planètes affectés aux jours. On n'avait pas non plus coutume de dire le 2me ou le 3me jour de la *schebua;* on comptait d'habitude par le quantième du mois; cependant la veille du Sabbat était appelée aussi le sixième jour, sans autre désignation. Le mot Sabbat fut étendu plus tard à la semaine entière (Ideler, *Handbuch der Chronol.*, t. I, p. 480); ainsi l'on trouve dans le *Talmud*, pour les différents jours de la semaine, le 1er, le 2e, le 3e jour du Sabbat et ainsi de suite. Le mot ἑβδομάς pour *schebua* n'est pas dans le Nouveau Testament. Le *Talmud*, dont la rédaction commencée au IIe siècle se prolonge jusqu'au Ve, offre des épithètes hébraïques appliquées à quelques planètes, à Vénus l'*éclatante* et au *rouge* Mars. Ce qu'il y a de plus singulier, c'est le nom de *Sabbatai*, proprement *étoile du Sabbat*, employé pour désigner Saturne, de même que parmi les noms pharisaïques des étoiles, énumérés par Épiphane, la même planète est appelée *Hochab Sabbath*. N'est-ce point là ce qui fit prendre le jour du Sabbat pour le jour de Saturne (Saturni sacra dies, dit Tibulle, *Éleg.* I, 3, v. 18)? Un passage de Tacite (*Histoires*, liv. V, chap. 4) agrandit le cercle de ces rapports entre le personnage consacré par la tradition légendaire et la planète du même nom. » Voyez aussi Furst, *Cultur und Litteraturgeschichte der Juden in Asien*, 1849, p. 40.

Il n'est pas douteux que les différentes phases de la Lune n'aient de bonne heure dû attirer l'attention de peuples chasseurs et pasteurs, et servir d'aliment à leurs rêveries astrologiques. Il faut donc admettre avec Ideler que la semaine est un démembrement du mois synodique, dont un quart représente en moyenne 7 jours 3/8. Au contraire, tout ce qui a trait à l'ordre des planètes et aux distances qui les séparent les unes des autres, ainsi qu'aux noms des heures et des jours, ne peut appartenir qu'à une époque de civilisation beaucoup plus avancée, et qui commence à prendre goût aux théories.

En ce qui concerne les noms des planètes, appliqués aux jours de la semaine, et l'ordre dans lequel on rangeait ces corps célestes (Geminus, *Elem. Astron.*, p. 4; Cicéron, *de Republica*, lib. VI, cap. 10; Firmicus, lib. II, cap. 4) en les plaçant tous,

suivant l'opinion la plus ancienne et la plus répandue, entre la sphère des fixes et la terre immobile, à savoir:

Saturne,	Mars,	Mercure,
Jupiter,	Le Soleil,	La Lune,
	Vénus,	

on a mis en avant trois suppositions différentes: l'une empruntée aux intervalles musicaux: une autre aux noms planétaires des heures dans le vocabulaire astrologique: une troisième fondée sur un partage des douze signes du zodiaque entre les 36 décans ou entre les corps planétaires qui sont réputés les maîtres (domini) de ces décans, et dont la série est répétée cinq fois, de manière à faire, Mars étant seul répété six fois, trois décans ou trois planètes pour chaque signe. Les deux premières hypothèses sont exposées dans le remarquable passage de Dion Cassius (lib. XXXVII, cap. 17), où l'auteur veut expliquer pourquoi les Juifs célèbrent le jour de Saturne (notre samedi). « Si l'on applique, dit-il, l'intervalle musical que l'on nomme la quarte, διὰ τεσσάρων, aux sept planètes, d'après la durée de leur révolution, en donnant la première place à Saturne, comme à la plus éloignée, on tombe d'abord sur la quatrième, le Soleil, puis sur la septième, la Lune, et les planètes se présentent ainsi dans l'ordre où se succèdent les noms des jours. » M. Vincent a donné un commentaire de ce passage, dans son Mémoire *sur les Manuscrits grecs relatifs à la Musique* (1847, p. 138); voyez aussi Lobeck, *Aglaophamus*, p. 941-946. La deuxième explication de Dion Cassius repose sur le retour périodique des heures consacrées aux planètes. » Si l'on compte, dit-il, les heures du jour et de la nuit, en partant de la première heure du jour, et en rattachant cette première heure à Saturne, la seconde à Jupiter, la troisième à Mars, la quatrième au Soleil, la cinquième à Vénus, la sixième à Mercure, la septième à la Lune, dans l'ordre où les Égyptiens rangent les planètes, de manière à recommencer toujours par Saturne: on trouvera, après avoir parcouru la série des vingt-quatre heures, que la première heure du jour suivant sera attribuée au Soleil, celle du troisième jour à la Lune, en un mot que la première heure de chaque jour correspond à la planète à laquelle ce jour emprunte son nom. » De même Paulus d'Alexandrie, mathématicien astronome du IVe siècle, fait présider à chaque jour de la semaine la planète qui donne son nom à l'heure par laquelle la journée commence.

Cette manière d'expliquer les appellations des jours de la semaine avait été jusqu'ici généralement considérée comme la plus exacte; mais Letronne, s'appuyant sur le zodiaque de Bianchini longtemps délaissé dans les collections du Louvre, et sur lequel, frappé moi-même d'une singulière ressemblance entre un zodiaque grec et un zodiaque des Tartares kirghises, j'avais en 1812, attiré l'attention des archéologues, Letronne, dis-je, déclare adopter de préférence une troisième explication qui consiste à répartir, comme on l'a vu plus haut, à l'aide d'une multiplication, trois planètes sur chaque signe du zodiaque (Letronne, *Observations critiques et archéologiques sur l'objet des représentations zodiacales*, 1824, p. 97-99). Cette distribution des planètes entre les trente-six décans de la dodécatémorie est précisément celle que décrit Julius Firmicus Maternus (lib. II, cap. 4: Signorum decani eorumque domini.) Si, dans chaque signe, on prend la planète qui est la première des trois, on obtient la série des jours planétaires de la semaine. Le tableau qui suit peut servir d'exemple pour les quatre premiers jours de la semaine: Dies Solis, Lunæ, Martis, Mercurii. La Vierge: le *Soleil*, Vénus, Mercure: la Balance: la *Lune*, Saturne, Jupiter: le Scorpion: *Mars*, le Soleil, Vénus: le Sagittaire: *Mercure*... Comme d'après Diodore, les Chaldéens comptaient originairement non pas sept planètes mais cinq seulement, ne reconnaissant pour telles que celles qui avaient une apparence stellaire, toutes les combinaisons dont nous venons de parler, dans lesquelles figurent plus de cinq planètes, ne paraissent pas remonter aux Chaldéens, et doivent avoir une origine astrologique beaucoup plus récente. Voyez Letronne, *sur l'Origine du Zodiaque grec*, 1840, p. 29.

Quelques lecteurs pourront être bien aises de trouver ici de courts éclaircissements sur la concordance que présentent la série des jours de la semaine et la répartition des planètes entre les décans, dans le zodiaque de Bianchini. Si l'on représente chaque planète, en suivant l'ordre qu'avaient adopté les anciens, par un caractère de l'alphabet: Saturne par a, Jupiter par b, Mars par c, le Soleil par d, Vénus par e, Mercure par f, la Lune par g, et que l'on forme ainsi de ces sept termes la série périodique:

a b c d e f g, a b c d ....

on obtiendra, en se rappelant que chaque décan est préposé à trois planètes, dont la première donne son nom à l'un des jours

de la semaine, et en supprimant deux termes sur trois, la nouvelle suite périodique

a d g c f b e, a d g c....

c'est-à-dire, Dies Saturni, Solis, Lunæ, Martis, etc.

On obtiendra aussi la même série

a d g c....

par la méthode de Dion Cassius, d'après laquelle chaque planète donne son nom au jour dont la première heure lui est spécialement affectée. Pour arriver à ce résultat, il suffit d'extraire 1 terme sur 24 dans chacune des 7 séries. Il est indifférent en effet dans une suite périodique, de supprimer un certain nombre de termes, ou de supprimer ce même nombre augmenté d'un multiple quelconque du nombre de termes qui composent la période; or la période dont il s'agit ici est formée de 7 termes, et 23 = 3 × 7 + 2. Il revient donc absolument au même de retrancher 23 nombres, suivant la méthode de Dion Cassius, ou d'en retrancher seulement 2, d'après celle que propose Letronne.

Nous avons déjà signalé quelques pages plus haut (note 13) une singulière analogie entre le nom latin du quatrième jour de la semaine *dies Mercurii*, l'appellation indienne *Budha-vara*, et l'ancien nom saxon *Vôdanes-dag* (Jacob Grimm, *Deutsche Mythologie*, 1844, t. I, p. 114). La question d'identité que William Jones prétend établir entre Bouddha, fondateur du Bouddhisme, et Odin, autrement appelé Wuotan ou Wotan, fameux dans les chants héroïques et dans l'histoire de la civilisation des races septentrionales, paraîtra peut-être plus intéressante encore, si l'on songe que le nom de Wotan est celui d'un personnage moitié fabuleux moitié historique, célèbre dans une partie du Nouveau-Monde, et sur lequel j'ai rassemblé un grand nombre de documents, dans mon ouvrage sur les monuments et les croyances des races américaines. (*Vues des Cordillères et Monuments des peuples indigènes de l'Amérique*, t. I, p. 208 et 382-384; t. II, p. 356). D'après les traditions des habitants de Chiapa et de Soconusco, ce Wotan américain est le descendant de l'homme qui, lors du grand déluge, se sauva dans une barque et renouvela le genre humain. Il fit faire de grandes constructions qui, de même que la pyramide mexicaine de Cholula, amenèrent la confusion des langues, la guerre et la dispersion des races. Son nom s'introduisit aussi, comme celui d'Odin en Germanie, dans

le calendrier des naturels de Chiapa, dont le vrai nom était Téochiapan. On nomma, d'après lui, une des périodes de cinq jours qui, réunies quatre par quatre, formaient le mois en usage chez les Aztèques et les Chiapanèques. Tandis que les Aztèques désignaient leurs mois par des noms empruntés aux plantes et aux animaux, les Chiapanèques distinguaient les mois par les noms de vingt chefs, venus du Nord, qui les avaient conduits jusque dans ces lieux. Les quatre plus héroïques d'entre ces chefs: Wotan ou Wodan, Lambat, Been et Chinax, ouvraient les semaines de cinq jours, inaugurées chez les Aztèques par les symboles des quatre éléments. Wotan et les autres chefs appartenaient incontestablement à la race des Toltèques qui au VII[e] siècle envahirent le pays. Le premier historien de la nation des Aztèques, Ixtlilxochitl, dont le nom chrétien était Fernando de Alva, dit positivement dans des manuscrits qui datent du commencement du XVI[e] siècle, que la province Téochiapan et tout le Guatémala, d'une côte à l'autre, étaient peuplés de Toltèques. Dans les premiers temps de la conquête espagnole, il y avait encore au village de Téopixca, une famille qui se vantait de descendre de Wotan. L'évêque de Chiapa, Francisco Nunez de la Véga, a recueilli beaucoup de documents sur la légende américaine de Wotan, dans son *Preambulo de las Constituciones diocesanas*. La légende du premier Odin scandinave (Odinn, Othinus), ou Wuotan, parti, dit-on, des rives du Volga, a-t-elle une origine historique? c'est là encore un point très-indécis (Jacob Grimm, *Deutsche Mythologie*, t. I, p. 120-150). A vrai dire, l'identité des deux héros, bien qu'appuyée sur d'autres motifs que la ressemblance des sons, n'est pas moins douteuse que celle de Wuotan avec Bouddha, ou celle que l'on est tenté d'établir entre le nom du législateur des Hindous et le nom de la planète Boudha.

L'existence d'une semaine hebdomadaire au Pérou, qui a souvent été présentée comme une analogie sémitique entre les deux continents, est un fait erroné. Le père Acosta qui visita le Pérou peu de temps après la conquête espagnole, l'avait déjà démontré, dans son *Historia natural y moral de las Indias* (1591, lib. VI, cap. 3). L'inca Garcilaso de la Véga rectifie lui-même le renseignement qu'il avait donné d'abord (1[re] part., lib. II, cap. 35) en disant clairement: que dans chacun des mois qui étaient calculés sur le cours de la Lune, il y avait trois jours de fête, et que le peuple devait travailler huit jours pour se reposer le neuvième (1[re] part., lib. VI, cap. 23). Les semaines péruviennes étaient

donc formées de neuf jours. Voyez à ce sujet mes *Vues des Cordillères*, t. I, p. 341-343.

(45) [page 364]. Bœckh, *Philolaus*, p. 102 et 117.

(46) [page 366]. Il faut, lorsqu'on veut écrire l'histoire des découvertes, distinguer l'époque où une découverte a été faite de celle où elle a été publiée. C'est en négligeant cette précaution que l'on a laissé s'introduire dans les manuels astronomiques des nombres fautifs et mal concordants. Ainsi, par exemple, Huygens découvrit le sixième satellite de Saturne, Titan, le 25 mars 1655 (Hugenii, *Opera varia*, 1724, p. 523), et ne le fit connaître que le 5 mars 1656 (*Systema Saturnium* 1659, p. 2). Le même astronome qui, depuis le mois de mars 1655 s'occupait sans interruption de Saturne, avait acquis, dès le 17 décembre 1657, une notion claire et complète de l'anneau qui entoure cette planète (*Syst. Sat.*, p. 21); ce ne fut cependant qu'en 1659 qu'il publia une explication scientifique de tous les aspects sous lesquels se présente ce phénomène. Galilée avait cru apercevoir seulement de chaque côté de la planète deux disques circulaires détachés,

(47) [page 366]. *Cosmos*, t. I, p. 70, 71. Voyez aussi Encke, dans les *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, t. XXVI, 1848, n° 622, p. 347.

(48) [page 375]. Bœckh, *de Platonico Systemate*, p. XXIV, et *Philolaus*, p. 100. La série des planètes, telle qu'elle est donnée par Gésénius, celle qui a servi, comme nous venons de le voir (note 44), à dénommer les jours de la semaine, et à les mettre sous l'invocation des dieux, est positivement désignée comme la plus ancienne par Ptolémée (*Almageste*, lib. XI, cap. 1). Ptolémée blâme les motifs pour lesquels « les modernes ont placé Vénus et Mercure en deçà du Soleil. »

(49) [page 375]. Les Pythagoriciens prétendaient, afin d'établir la réalité des sons musicaux produits par la rotation des sphères, que l'on ne peut entendre que là où il y a alternative de bruit et de silence. (Aristote, *de Cœlo*, lib. II, cap. 9, p. 290, n° 24-30, éd. Bekker). On excusait aussi par la surdité, la non-perception de ces accords des sphères (Cicero, *de Republica*, lib. VI, cap. 11). Aristote lui-même qualifie la fable musicale de Pythagore de belle et d'ingénieuse (κομψῶς καὶ περιττῶς), il ne lui reproche que de n'être pas vraie (*ibid.*, n°s 12-15).

(30) [page 376]. Bœckh, *Philolaus*, p. 90.

(31) [page 376]. Platon, *de Republica*, lib. X, p. 617. Ce philosophe calcule les distances des planètes d'après deux progressions différentes dont l'une a pour raison 2, l'autre 3, ce qui compose la série 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27. C'est la même série que l'on trouve dans le *Timée*, à l'endroit qui traite de la division arithmétique de l'ame du monde (p. 35, éd. Estienne). Platon a considéré simultanément les deux progressions géométriques 1, 2, 4, 8 — et 1, 3, 9, 27; puis il a intercalé les termes, ce qui a donné la suite des nombres 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27. Voyez Bœkh, dans les *Studien* de Daub et Creuzer, t. III, p. 34-43; H. Martin, *Études sur le Timée*, t. I, p. 384 et t. II, p. 64. Voyez aussi Prevost, *sur l'ame d'après Platon*, dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour 1802, p. 90 et 97; et un autre écrit du même auteur dans la *Bibliothèque britannique*, Sciences et Arts, t. XXXVII, 1808, p. 153.

(32) [page 376]. Voyez l'ingénieux écrit du professeur Ferdinand Piper, *von der Harmonie der Sphæren*, 1850, p. 12-18. Ideler fils (*Hermapion*, 1841, 1re part., p. 196-214) a traité en détail, et avec beaucoup de science et de critique, du prétendu rapport existant entre les sept voyelles de l'ancienne langue égyptienne et les sept planètes, ainsi que d'hymnes astrologiques dans lesquels abondaient les voyelles et que chantaient les prêtres égyptiens. Cette hypothèse, mise en avant par Seyffarth, qui se fondait sur un passage du Pseudo-Démétrius de Phalère peut-être Démétrius d'Alexandrie (*de interpret.*, § 71), sur une épigramme d'Eusèbe et sur un manuscrit gnostique conservé à Leyde, avait été déjà contredite par les recherches de Zoëga et de Tœlken. Comp. Lobeck, *Aglaophamus*, p. 932.

(33) [page 376]. Sur le développement progressif des idées musicales de Képler, voyez le commentaire de l'*Harmonice Mundi*, par Apelt, dans l'ouvrage intitulé: *Johann Keppler's Weltansicht*, 1849, p. 76-116, et Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. I, p. 352-360.

(34) [page 376]. *Cosmos*, t. II, p. 269.

(35) [page 377]. Tycho avait renversé l'hypothèse des sphères de cristal, dans lesquelles on supposait les planètes enchassées. Képler le loue de cette entreprise; mais il persiste à représen-

ter le firmament comme une enveloppe sphérique solide, de deux milles allemands d'épaisseur, sur laquelle brillent douze étoiles de première grandeur, situées toutes à égale distance de la terre, et répondant aux angles d'un icosaèdre. Les étoiles, dit-il, *lumina sua ab intus emittunt*; et même pendant longtemps il crut les planètes lumineuses par elles-mêmes, jusqu'à ce que Galilée l'eut ramené à des idées plus justes. Bien que d'accord en cela avec plusieurs philosophes de l'antiquité et avec Giordano Bruno, il considérât toutes les fixes comme des soleils semblables au nôtre, cependant, en examinant l'hypothèse d'après laquelle chacune de ces étoiles serait entourée de planètes, il n'incline pas à l'adopter autant que je l'avais supposé d'abord (*Cosmos*, t. II, p. 279). Voyez Apelt, *Keppler's Weltansicht*. p. 21-24.

(56) [page 377]. C'est seulement en 1821 que Delambre (*Histoire de l'Astron. Moderne*, t. I, p. 514) a fait remarquer dans les passages qu'il a extraits des œuvres de Képler, et qui, complets au point de vue astronomique, ne le sont point au point de vue astrologique, l'hypothèse d'une planète imaginée par Képler entre Mercure et Vénus. « On n'a fait, dit-il, aucune attention à cette supposition de Képler, quand on a formé des projets de découvrir la planète qui (selon une autre de ses prédictions) devait circuler entre Mars et Jupiter. »

(57) [page 377]. Ce remarquable passage au sujet d'une lacune (*hiatus*) entre Mars et Jupiter se trouve dans l'ouvrage intitulé *Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium cosmographicum de admirabili proportione orbium cœlestium*, 1596, p. 7 : « Cum igitur hac non succederet, alia via, mirum quàm audaci, tentavi aditum. Inter Jovem et Martem interposui novum Planetam, itemque alium inter Venerem et Mercurium, quos duos forte ob exilitatem non videamus, iisque sua tempora periodica ascripsi. Sic enim existimabam me aliquam æqualitatem proportionum effecturum, quæ proportiones inter binos versus Solem ordine minuerentur, versus fixas augescerent : ut propior est Terra Veneri quantitate orbis terrestris, quam Mars Terræ, in quantitate orbis Martis. Verum hoc pacto neque unius planetæ interpositio sufficiebat ingenti hiatu, Jovem inter et Martem: manebat enim major Jovis ad illum novum proportio, quam est Saturni ad Jovem. Rursus alio modo exploravi... » Képler avait vingt-cinq ans à l'époque où il écrivit ces lignes. On voit combien son esprit mobile se plaisait à créer des

hypothèses, qu'il abandonnait bientôt pour d'autres. Il conserva toujours la ferme espérance de découvrir des lois numériques, la même où les perturbations multiples des forces attractives ont déterminé la matière cosmique à se condenser en globes planétaires, et à se mouvoir, tantôt isolément sur des orbites simples et presque parallèles entre elles, tantôt par groupes, sur des orbites merveilleusement entrelacées. Kepler ne comprenait point que, par suite de l'ignorance où nous sommes des conditions accessoires, ces perturbations compliquées échappent au calcul, et qu'il en est ainsi pour l'origine et pour la constitution d'un grand nombre d'objets dans la nature.

(58) [page 578]. Newtoni. *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, 1744, t. II. Opusc. XVIII, p. 246: « Chordam musice divisam potius adhibui, non tantum quod cum phænomenis (lucis) optime convenit, sed quod fortasse, aliquid circa colorum harmonias (quarum pictores non penitus ignari sunt), sonorum concordantiis fortasse analogas, involvat. Quemadmodum verisimilius videbitur animadvertenti affinitatem, quæ est inter extimam Purpuram (Violarum colorem) ac Rubedinem, Colorum extremitates, qualis inter octavæ terminos (qui pro unisonis quodammodo haberi possunt) reperitur... » Voyez aussi Prévost dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour 1802, p. 77 et 93.

(59) [page 578]. Sénèque, *Naturales Quæstiones*, lib. VIII, cap. 13: « Non has tantum stellas quinque discurrere, sed solas observatas esse: ceterum innumerabiles ferri per occultum. »

(60) [page 579]. Je ne m'étais pas trouvé satisfait des explications données par Heyne, dans sa dissertation *de Arcadibus Luna antiquioribus* (*Opusc. acad.*, t. II, p. 332), sur l'origine du mythe astronomique des Prosélènes, si répandu dans l'antiquité; ce fut avec un plaisir d'autant plus vif que je reçus d'un philologue doué d'une grande pénétration, mon ami le professeur J. Franz, une solution nouvelle et fort heureuse d'un problème si souvent discuté. Cette solution, obtenue à l'aide d'une simple association d'idées, n'a aucun rapport ni avec les dispositions du calendrier des Arcadiens, ni avec le culte de ce peuple pour la Lune. Je me borne ici à donner un extrait d'un travail inédit et beaucoup plus complet. Dans un ouvrage où je me suis fait une loi de rapprocher fréquemment l'ensemble de nos connaissances actuelles des connaissances de l'antiquité et des traditions véritables ou

généralement regardées comme telles; cette explication sera, j'espère, bien venue de quelques-uns de mes lecteurs.

« Nous commencerons par les passages principaux qui, chez les anciens, ont trait aux Prosélènes. Étienne de Byzance, au mot Ἀρκάς, indique le logographe Hippys de Rhegium, contemporain de Xerxès et de Darius, comme le premier qui ait nommé les Arcadiens προσελήνους. Le Scoliaste d'Apollonius de Rhodes (lib. IV, v. 264) et celui d'Aristophane (*Nubes*, v. 397) s'accordent à dire que la haute antiquité des Arcadiens est surtout attestée par la qualification de προσέληνοι. Ainsi, il y avait un peuple qui était réputé antérieur à la Lune; c'est ce qu'affirment aussi Eudoxe et Théodore; le dernier même ajoute que la Lune apparut peu de temps avant le combat d'Hercule. Aristote dit, en traitant de la constitution des Tégéates: Que les Barbares qui peuplaient originairement l'Arcadie avaient été chassés et remplacés par d'autres habitants, avant l'apparition de la Lune, d'où leur vint le nom de προσέληνοι. D'autres racontent qu'Endymion découvrit le mouvement de la Lune, et que, comme il était Arcadien, ses compatriotes furent appelés προσέληνοι. Lucien s'élève contre les prétentions des Arcadiens (*de Astrologia*, cap. 26): « C'est folie de leur part, dit-il, de vouloir être antérieurs à la Lune. » Le Scoliaste d'Eschyle (*ad Prometh.*, v. 436) remarque que προσελούμενον a le même sens que ὑβριζόμενον; et que les Arcadiens furent surnommés προσέληνοι, à cause de leur violence. Tout le monde connait les passages d'Ovide sur l'existence antélunaire des Arcadiens. Une nouvelle opinion s'est fait jour dans ces derniers temps: c'est que l'antiquité entière se serait laissée tromper par la forme προσέληνοι, qui ne serait autre que le mot προέλληνοι, et signifierait: antérieur aux Hellènes. On sait que l'Arcadie était en effet habitée par des Pélasges. »

« Si on peut prouver, continue le professeur Franz, qu'un autre peuple rattachait aussi son origine à celle d'un autre astre, on sera dispensé de recourir à des étymologies trompeuses. Cette preuve existe de la manière la plus formelle. Le savant rhéteur Ménandre, qui vivait dans la seconde moitié du IIIe siècle après Jésus-Christ, dit textuellement dans son Traité *de Encomiis* (sect. II, cap. 3, éd. Heeren): « Le troisième point qui ajoute à la valeur des choses et peut servir à leur éloge, c'est le temps; c'est un mérite qu'on ne manque pas d'invoquer pour tous les objets très-anciens, lorsque par exemple nous disons d'une ville ou d'un pays qu'ils furent fondés ou habités avant tel ou tel as-

tre, ou au moment même de son apparition, après ou avant le déluge, comme les Athéniens prétendent être nés en même temps que le Soleil, comme les Arcadiens croient remonter au delà de la Lune, comme les habitants de Delphes affirment qu'ils sont venus au monde immédiatement après le déluge: car ce sont là des points de départ dans le temps, et comme autant d'ères distinctes.

» Ainsi l'île de Delphes, dont la relation avec le déluge de Deucalion est établie d'ailleurs par d'autres témoignages (Pausanias, lib. X, cap. 6), le cède en ancienneté à l'Arcadie, et l'Arcadie le cède à Athènes. Apollonius de Rhodes s'est inspiré des mêmes traditions, lorsqu'il dit (lib. IV, v. 261) que l'Égypte fut la première contrée qui reçut des habitants: « Tous les astres ne décrivaient pas encore leurs orbites dans le firmament; nul n'avait entendu parler des fils de Danaüs; une seule race existait, les Arcadiens, qui, suivant les poëtes, vivaient avant la Lune et se nourrissaient de glands sur les montagnes. » Nonnus dit aussi, de la ville de Béroë en Syrie, qu'elle fut habitée antérieurement à l'apparition du Soleil (*Dionys.*, lib. XLI).

» L'habitude d'emprunter des termes fixes aux grandes époques de la création du monde a pris naissance dans cette période contemplative dont les fictions nous semblent encore si vivantes, et ont plus d'intérêt pour nous que les conceptions des âges postérieurs; elle appartient à la poésie généalogique qui a fleuri dans chaque localité. Ainsi il n'est pas invraisemblable que la légende du combat des géants en Arcadie, à laquelle font allusion les paroles citées plus haut de l'historien Théodore, natif de la Samothrace, suivant quelques critiques, et dont l'ouvrage devait embrasser une vaste matière, que cette légende, dis-je, chantée par quelque poëte de l'Arcadie, ait répandu l'usage du mot προσέληνοι appliqué aux Arcadiens. »

Au sujet de la double dénomination de Ἀρκάδες Πελασγοί, et sur la distinction entre les deux races qui se sont succédé en Arcadie, voyez l'excellent ouvrage d'Ernest Curtius, *der Peloponnesos*, 1851, p. 160 et 180. J'ai déjà montré ailleurs (*Kleine Schriften*, t. I, p. 115) que dans le nouveau continent, sur le plateau de Bogota, la peuplade des Muyscas ou Mozcas se vantait aussi de remonter au delà de la Lune. La naissance de la Lune se rattache à la légende d'une grande inondation, causée par les sortiléges d'une femme nommée Huythaca ou Schia, qui accompagnait le magicien Botschika. Chassée par Botschika, cette femme

quitta la Terre et devint la Lune, « qui jusqu'alors n'avait pas encore lui sur les Muyscas. » Botschika, ayant pitié de l'espèce humaine, ouvrit d'une main puissante un pan de rocher abrupte, près de Canoas, à l'endroit où le Rio de Funzha forme aujourd'hui la célèbre cascade de Tequendama. La vallée inondée fut ainsi mise à sec. — Ce roman géologique se répète en divers lieux: notamment dans la vallée alpestre de Cachemire, où le génie puissant qui chassa les eaux se nomme Kasyapa.

(61) [page 379]. Charles Bonnet, *Contemplation de la Nature*, traduction allemande par Titius, 2e édition, 1772, p. 7, note 2 (la première édition était de 1776). Dans l'ouvrage original de Bonnet, il n'est nullement question de cette loi des distances. Voyez aussi Bode, *Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels*, 2e édit. 1772, p. 462.

(62) [page 381]. Si, avec Titius, l'on divise en cent parties la distance du Soleil à Saturne, réputé à cette époque la planète la plus reculée, et si l'on fixe les distances des autres planètes ainsi qu'il suit, d'après la prétendue progression 4, 4+3, 4+6, 4+12, 4+24, 4+48:

Mercure	Vénus	la Terre	Mars	Pet. Plan.	Jupiter
4/100	7/100	10/100	16/100	28/100	52/100;

on peut, en évaluant la distance de Saturne à 197,5 millions de milles géographiques, dresser le tableau suivant, qui permet de juger des erreurs qu'entraîne la loi de Titius:

DISTANCES AU SOLEIL en milles géogr. de 15 au degré D'APRÈS TITIUS		DISTANCES VRAIES en milles geogr. de 15 au degré
Mercure.	7,9 millions.	8,0 millions.
Vénus.	13,8	15,0
La Terre.	19,7	20,7
Mars.	31,5	31,5
Les petites planètes. . .	55,2	55,2
Jupiter.	102,6	107,5
Saturne	197,5	197,5
Uranus.	386,7	396,7
Neptune.	765,5	621,2

(63) [page 381]. Voyez Wurm, dans Bode's *Astron. Jahrbuch* für 1790, p. 168, et Bode, *von dem neuen zwischen Mars und Jupiter entdeckten achten Hauptplaneten des Sonnensystems*, p. 45. En adoptant la correction de Wurm, on trouve, pour les distances des diverses planètes au Soleil, les résultats suivants:

Mercure.	387 parties.	
Vénus.	387 + 293	= 680
La Terre. . . .	387 + 2 × 293	= 973
Mars.	387 + 4 × 293	= 1559
Les petites planètes.	387 + 8 × 293	= 2731
Jupiter.	387 + 16 × 293	= 5075
Saturne.	387 + 32 × 293	= 9763
Uranus.	387 + 64 × 293	= 19139
Neptune.	387 + 128 × 293	= 37891

Afin que l'on puisse apprécier l'exactitude de ces résultats, j'indique, dans la table ci-dessous, les véritables distances moyennes des planètes, telles qu'elles sont admises aujourd'hui, en y joignant les chiffres que Képler regardait comme vrais, il y a deux siècles et demi, d'après les observations de Tycho. J'emprunte ces nombres à l'ouvrage de Newton, *de Mundi Systemate* (*Opusc. mathem. philos. et philol.*, 1744, t. II, p. 11):

PLANÈTES	VÉRITABLES DISTANCES	RÉSULTATS de KÉPLER
Mercure.	0,38709	0,38806
Vénus.	0,72333	0,72400
La Terre.	1,00000	1,00000
Mars	1,52369	1,52350
Junon.	2,66870	. . . . .
Jupiter	5,20277	5,19650
Saturne.	9,53885	9,51000
Uranus	19,18239	. . . . .
Neptune	30,03628	. . . . .

(64) [page 384]. Képler qui, sans doute, par enthousiasme pour les « divines découvertes » de son contemporain, d'ailleurs justement célèbre, William Gilbert, regardait le Soleil comme un

corps magnétique, et affirmait que cet astre se mouvait dans le même sens que les planètes, avant même que les taches eussent été découvertes, Képler déclare, dans le *Commentarius de motibus Stellæ Martis* (cap. 23, et dans son *Astronomiæ pars optica* (cap. 6), « que le Soleil est le plus dense de tous les corps célestes, parce qu'il met en mouvement tous ceux qui appartiennent à son système. »

(65) [page 384]. Newton, *de Mundi Systemate* (*Opuscula*, t. II, p. 17) : « Corpora Veneris et Mercurii majore Solis calore magis concocta et coagulata sunt. Planetæ ulteriores, defectu caloris, carent substantiis illis metallicis et mineris ponderosis quibus Terra referta est. Densiora corpora quæ Soli propiora : ea ratione constabit optime pondera Planetarum omnium esse inter se ut vires. »

(66) [page 387]. Mædler, *Astronomie*, § 193.

(67) [page 388]. Humboldt, *de Distributione Geographica Plantarum*, p. 104, et *Tableaux de la Nature*, t. I, p. 125-127 de la traduct. franç., publiée par MM. Gide et Baudry, 1851.

(68) [page 389]. « L'étendue entière de cette variation serait d'environ 12 degrés, mais l'action du Soleil et de la Lune la réduit à peu près à 3 degrés (centesimaux). » (Laplace, *Exposition du Système du Monde*, p. 303).

(69) [page 389]. J'ai fait voir ailleurs, par la comparaison de nombreuses moyennes de température annuelle, que, en Europe, du Cap Nord jusqu'à Palerme, la différence est à très-peu près de 0°,5 du thermomètre centigrade, par chaque degré de latitude, tandis que dans le système de température qui règne sur les côtes d'Amérique entre Boston et Charlestown, à chaque degré de latitude correspond une différence de 0°,9. Voyez Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 229.

(70) [page 390]. *Cosmos*, t. II, p. 345 (note 6).

(71) [page 390]. Voyez Laplace, *Exposition du Système du Monde*, 5e édit., p. 303, 345, 403, 406 et 408, et dans *la Connaissance des temps* pour 1811, p. 386. Voy. aussi Biot, *Traité élémentaire d'Astronomie physique*, t. I, p. 61 ; t. IV, p. 90-99 et 614-623.

(72) [page 391]. Gargilaso, *Commentarios Reales*, parte I, lib. II, cap. 22-26 ; Prescott, *History of the Conquest of Peru*,

t. I, p. 126. Les Mexicains, parmi les 20 signes hiéroglyphiques à l'aide desquels ils désignaient les parties du jour, en avaient un, nommé Ollin-tonatiuh, c'est-à-dire « le signe des quatre mouvements du Soleil, » pour lequel ils professaient une vénération singulière. Ce signe présidait au grand cycle ou période de 52 ans ($52 = 4 + 13$), et représentait la marche du Soleil à travers les solstices et les équinoxes, que l'on avait coutume de figurer en caractères hiéroglyphiques par des traces de pas. Dans le manuscrit aztèque, peint avec un grand soin, qui était autrefois conservé dans la Villa du Cardinal Borgia, à Vélétri, et auquel j'ai fait beaucoup d'emprunts importants, on rencontre avec étonnement un signe astrologique, formé d'une croix, auprès de laquelle sont placés des signes représentant les parties du jour, et qui auraient figuré parfaitement les passages du Soleil au zénith de Mexico (Tenochtitlan), à l'équateur et aux solstices, si les points ou disques ronds que l'on y a joints, afin de marquer les retours périodiques, étaient complets pour ces trois passages. (Humboldt, *Vues des Cordillères*, pl. XXXVII, n. 8, p. 164, 189 et 237). Le roi de Tezcuco, Nezahualpilli, passionnément adonné à l'observation des astres, et appelé fils du jeûne, parce que son père s'était soumis au jeûne longtemps avant la naissance du fils qu'il appelait de tous ses vœux, avait élevé un édifice que Torquemada nomme un peu complaisamment un observatoire, et dont il vit encore les ruines (*Monarquia Indiana*, lib. II, cap. 64). Dans la *Raccolta di Mendoza*, nous voyons représenté un prêtre qui observe les étoiles: cette occupation est indiquée par une ligne ponctuée qui va de l'étoile à l'œil de l'observateur (*Vues des Cordillères*, pl. LVIII, n° 8, p. 289).

(73) [page 393]. Voyez John Herschel, *on the astronomical Causes which may influence geological Phænomena*, dans les *Transactions of the Geological Society of London*, 2ᵉ série, t. III, 1ʳᵉ part., p. 298, et *Traité d'Astronomie*, traduit par M. Cournot, § 315.

(74) [page 393]. Arago, dans l'*Annuaire du bureau des Longitudes* pour 1834, p. 199.

(75) [page 394]. « Il suit du théorème dû à Lambert, que la quantité de chaleur envoyée par le Soleil à la Terre est la même en allant de l'équinoxe du printemps à l'équinoxe d'automne qu'en revenant de celui-ci au premier. Le temps plus long que

le Soleil emploie dans le premier trajet est exactement compensé par son éloignement aussi plus grand: et les quantités de chaleur qu'il envoie à la Terre, sont les mêmes pendant qu'il se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère, boréal ou austral. » (Poisson, *sur la stabilité du Système planétaire,* dans *la Connaissance des temps* pour 1836, p. 54).

(76) [page 394]. Voyez Arago, dans l'*Annuaire* pour 1834, p. 200-204. « L'excentricité, dit Poisson (*Connaissance des temps* pour 1836, p. 38 et 52), ayant toujours été et devant toujours demeurer très-petite, l'influence des variations séculaires de la quantité de chaleur solaire reçue par la Terre sur la température moyenne paraît aussi devoir être très-limitée. On ne saurait admettre que l'excentricité de la Terre, qui est actuellement environ un soixantième, ait jamais été ou devienne jamais un quart, comme celle de Junon ou de Pallas. »

(77) [page 395]. *Outlines of Astron.,* § 432.

(78) [page 397]. *Outlines,* § 548.

(79) [page 397]. Voyez, dans l'*Astronomie* de Mædler, p. 218, la tentative faite par cet astronome pour déterminer avec un grossissement de 1000 fois, le diamètre de Vesta, qu'il évalue environ à 40 myriamètres.

(80) [page 398]. J'avais pris pour base des calculs que j'ai donnés dans le premier volume du *Cosmos* (p. 76) le demi diamètre équatorial de Saturne.

(81) [page 398]. Voyez le *Cosmos,* t. III, p. 177.

(82) [page 399]. J'ai exposé en détail, dans le Tableau de la Nature placé en tête du *Cosmos* (t. I, p. 116-117), tout ce qui est relatif au mouvement de translation du Soleil; voyez aussi t. III, p. 164.

(83) [page 401]. *Cosmos,* t. III, p. 346.

(84) [page 401]. Voyez les observations faites par le mathématicien suédois, Bigerus Vassenius, à Gothenbourg, pendant l'éclipse totale du 2 mai 1733, et le commentaire qu'en a donné Arago dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1846, p. 441 et 462. Le Dr Galle, qui observait à Frauenbourg le

28 juillet 1851, vit « que de petits nuages flottant librement étaient rattachés par trois filaments déliés, ou davantage, à la gibbosité crochue. »

(85) [page 401]. Voyez dans le même *Annuaire*, p. 416, les remarques faites à Toulon, le 8 juillet 1842, par un observateur exercé, le capitaine de vaisseau Bérard. « Il vit une bande rouge très-mince, dentelée irrégulièrement. »

(86) [page 401]. Ce contour de la Lune aperçu distinctement, pendant l'éclipse solaire du 8 juillet 1842, par quatre observateurs, n'avait pas encore été décrit dans les occasions analogues qui se sont présentées. La possibilité de voir les bords de la Lune extérieurs au disque solaire paraît tenir à la lumière qui provient de la troisième enveloppe du Soleil et de la couronne qui l'entoure. « La lune se projette *en partie* sur l'atmosphère du Soleil. Dans la portion de la lunette où l'image de la Lune se forme, il n'y a que la lumière provenant de l'atmosphère terrestre. La Lune ne fournit rien de sensible et, semblable à un écran, elle arrête tout ce qui provient de plus loin et lui correspond. En dehors de cette image, et précisément à partir de son bord, le champ est éclairé *à la fois* par la lumière de l'atmosphère terrestre et par la *lumière de l'atmosphère solaire*. Supposons que ces deux lumières réunies forment un total plus fort de 1/60 que la lumière atmosphérique terrestre, et, dès ce moment, le bord de la Lune sera visible. Ce genre de vision peut prendre le nom de *vision négative*; c'est en effet par une *moindre intensité* de la portion du champ de la lunette où existe l'image de la Lune, que le *contour* de cette image est aperçu. Si l'image était *plus intense* que le reste du champ, la vision serait positive. » (Arago, dans l'*Annuaire* pour 1846, p. 384). Voyez aussi le *Cosmos*, t. III, p. 46 et 221 (note 8).

(87) [page 402]. *Cosmos*, t. III, p. 540-543.

(88) [page 402]. Lepsius, *Chronologie der Ægypter*, 1re part., p. 92-96.

(89) [page 402]. *Cosmos*, t. III, p. 527 (note 45).

(90) [page 402]. *Cosmos*, t. II, p. 195.

(91) [page 402]. Voyez Lalande, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1766, p. 498; Delambre, *Histoire de l'Astronomie ancienne*, t. II, p. 520.

(92) [page 402]. *Cosmos,* t. III, p. 526 (note 45).

(93) [page 403]. Lors du passage de Mercure sur le Soleil, le 4 mai 1832, Mædler et Wilhelm Beer (*Beitræge zur physischen Kenntniss der himmlischen Kœrper,* 1841, p. 145), ont trouvé le diamètre de cette planète égal à 432 myriamètres; mais, dans l'édition de son Astronomie publiée en 1849, Mædler a préféré le résultat donné par Bessel.

(94) [page 403]. Laplace, *Exposition du Système du Monde,* 1824, p. 209. L'illustre auteur convient lui-même que, pour déterminer la masse de Mercure, il s'est fondé sur « l'hypothèse très-précaire qui suppose les densités de Mercure et de la Terre réciproques à leur moyenne distance du Soleil. » — Je n'ai cru devoir parler ni des chaînes de montagnes hautes de 58000 pieds, que Schrœter prétend avoir mesurées sur la surface de Mercure, et qui ont été déjà mises en doute par Kaiser (*Sternenhimmel,* 1850, § 57), ni d'une atmosphère signalée par Lemonnier et Messier, comme ayant été vue autour de cette planète, lors de son passage sur le Soleil (Delambre, *Histoire de l'Astronomie au* XVIII[e] *siècle,* p. 222), ni des groupes de nuages qui auraient traversé son disque, ou des obscurcissements que sa surface aurait subis. Je n'ai, pour ma part, rien remarqué qui décélât une atmosphère, lors du passage que j'observai au Pérou, le 8 novembre 1802, bien que, pendant l'observation, je fusse très-attentif à la netteté des contours.

(95) [page 404]. La région de l'orbite de Vénus où cette planète peut nous apparaître avec le plus d'éclat, au point même d'être visible sans télescope en plein midi, est placée entre la conjonction inférieure et la plus grande élongation, à peu de distance de ce dernier point, et à 40 degrés du Soleil ou de la conjonction inférieure. En moyenne, Vénus brille de son plus vif éclat à 40° à l'Est ou à l'Ouest du Soleil, lorsque son diamètre apparent, qui, en conjonction inférieure peut atteindre jusqu'à 66″, n'en a que 40, et que la largeur de sa partie éclairée est à peine de 10″. La proximité de la Terre donne alors à son étroit croissant une lumière si intense qu'elle fait naître des ombres en l'absence du Soleil. » (Littrow, *Theorische Astronomie,* 1834, 2[e] part., p. 68.) Copernic a-t-il, en effet, prévu et annoncé comme nécessaire la future découverte des phases de Vénus, ainsi que cela est affirmé dans le livre de Smith (*Optics,* sect. 1050),

et dans beaucoup d'autres écrits? C'est ce qu'ont rendu extrêmement douteux les recherches approfondies du professeur De Morgan, sur l'ouvrage *de Revolutionibus*, et sur la manière dont il nous est parvenu. Voyez la lettre d'Adams au Rév. R. Main, en date du 7 septembre 1846, dans les *Reports of the Royal Astron. Society*, t. VII, n° 9, p. 142 et le *Cosmos*, t. II, p. 276.

(96) [page 405]. Delambre, *Histoire de l'Astronomie au* XVIIIe *siècle*, p. 256-258. Le résultat de Bianchini a été défendu par Hussey et Flaugergues.

(97) [page 405]. Voyez sur la remarquable observation faite à Lilienthal, le 12 août 1790, Arago, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1842, p. 539. — « Ce qui favorise aussi la probabilité de l'existence d'une atmosphère qui enveloppe Vénus, dit ailleurs Arago, c'est le résultat optique obtenu par l'emploi d'une lunette prismatique. L'intensité de la lumière de l'intérieur du croissant est sensiblement plus faible que celle des points situés dans la partie circulaire du disque de la planète. » (*Manuscrits* de 1847).

(98) [page 405]. Wilhelm Beer et Mædler, *Beitræge zur physischen Kenntniss der himmlischen Kærper*, p. 148. Le prétendu satellite de Vénus, que Fontana, Dominique Cassini et Short prétendirent avoir découvert, pour lequel Lambert calcula des tables, et que l'on dit avoir vu à Creefeld au milieu du disque solaire, trois heures au moins après l'immersion de Venus (*Berliner Jahrbuch*, 1778, p. 186), est une de ces fables astronomiques nées à une époque où la critique avait encore fait peu de progrès.

(99) [page 405]. *Philosophical Transactions*, 1795, t. LXXXVI, p. 214.

(100) [page 407]. *Cosmos*, t. III, p. 75 et 240 (note 62).

(1) [page 407]. « La lumière de la Lune est jaune, tandis que celle de Vénus est blanche. Pendant le jour la Lune paraît blanche, parce qu'à la lumière du disque lunaire se mêle la lumière bleue de cette partie de l'atmosphère que la lumière jaune de la Lune traverse. » (Arago, *Manuscrits de* 1847). Les couleurs les plus réfrangibles du spectre solaire, comprises entre le bleu et le violet, peuvent former du blanc, lorsqu'elles sont combinées avec les couleurs moins réfrangibles, comprises entre le rouge et le vert. Voyez le *Cosmos*, t. III, p. 281 (note 47).

(2) [page 408]. Forbes, *on the Refraction and Polarisation of Heat*, dans les *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, t. XIII, 1836, p. 131.

(3) [page 408]. Lettre de M. Melloni à M. Arago *sur la puissance calorifique de la lumière de la Lune* dans *les Comptes rendus*, t. XXII, 1846, p. 541-544. Voyez aussi, pour les données historiques, le *Jahresbericht der physikalischen Gesellschaft zu Berlin*, t. II, p. 272. — Il m'a toujours semblé digne de remarque que dans les temps les plus reculés, où la chaleur ne se reconnaissait qu'à l'impression qu'elle produisait sur les sens, la Lune ait la première fait naître l'idée que l'on pouvait rencontrer séparément la lumière et la chaleur. En sanscrit, la Lune, honorée chez les Hindous comme la reine des étoiles, se nomme l'*astre froid* ('sitala, hima), ou bien encore l'*astre d'où le froid rayonne* (himân'su), tandis que le Soleil, représenté avec des rayons de lumière qui tombent de ses mains, est appelé le *créateur de la chaleur* (nidâghakara). Les taches de la Lune dans lesquelles les peuples occidentaux croient reconnaître un visage, représentent, d'après les idées indiennes, un chevreuil ou un lièvre; d'où viennent au Soleil les noms de porteur de chevreuil (mrigadhara) ou de porteur de lièvre (sa' sabhrit). Voyez Schütz, *five Cantos of the Bhatti-Kâvya*, 1837, p. 19-23. — On s'est plaint, chez les Grecs, de ce que « la lumière solaire, réfléchie par la Lune, perdait toute sa chaleur, et qu'il ne nous arrivait qu'un faible reste de son éclat. » (Plutarque, *de Facie quæ in orbe Lunæ apparet*; éd. Wyttenbach, t. IV, Oxon., 1797, p. 793). On lit dans Macrobe (*Comment. in Somnium Scipionis*, lib. I, cap. 19, Biponti, 1788, t. I, p. 93 et 94): « Luna speculi instar lucem qua illustratur... rursus emittit, nullum tamen ad nos perferentem sensum caloris : quia lucis radius, cum ad nos de origine sua, id est de Sole, pervenit, naturam secum ignis de quo nascitur devehit; cum vero in Lunæ corpus infunditur et inde resplendet, solam refundit claritatem, non calorem. » Comp. Macrobe, *Saturnal.*, lib. VII, cap. 16, Biponti, t. II, p. 277.

(4) [page 409]. Mædler, *Astronomie*, § 112.

(5) [page 409]. Voyez Lambert, *sur la lumière cendrée de la Lune*, dans les *Memoires de l'Académie de Berlin*, année 1773, p. 46: « La Terre vue des planètes pourra paraître d'une lumière verdâtre, à peu près comme Mars nous paraît d'une couleur rou-

geâtre. » Nous ne pouvons cependant pas adhérer à l'hypothèse proposée par ce savant ingénieux, que la planète Mars est couverte d'une végétation rouge, semblable aux buissons du Bougainvillea (Humboldt, *Tableaux de la nature*, p. 392 de la traduct. franç., réproduite à Milan en 1851 par Charles Turati). — « Quand, dans l'Europe centrale, la Lune, peu avant son renouvellement, est placée le matin à l'Orient, elle reçoit la lumière terrestre principalement des grands plateaux de l'Asie et de l'Afrique. Lorsque, le soir, la nouvelle Lune est au contraire placée à l'Ouest, elle ne peut recevoir qu'un reflet moins intense de la lumière terrestre, qui lui est envoyée par le continent américain, moins étendu que l'autre, et surtout par l'Océan. » (Wilhelm Beer et Mædler, *der Mond nach seinen cosmischen Verhœltnissen*, § 106, p. 152).

(6) [page 409]. *Séance de l'Académie des Sciences*, le 5 août 1833: « M. Arago signale la comparaison de l'intensité lumineuse de la portion de la Lune que les rayons solaires éclairent directement, avec celle de la partie du même astre qui reçoit seulement les rayons réfléchis par la Terre. Il croit, d'après les expériences qu'il a déjà tentées à cet égard, qu'on pourra, avec des instruments perfectionnés, saisir dans la *lumière cendrée* les différences de l'éclat plus ou moins nuageux de l'atmosphère de notre globe. Il n'est donc pas impossible, malgré tout ce qu'un pareil résultat exciterait de surprise au premier coup d'œil, qu'un jour les météorologistes aillent puiser dans l'aspect de la Lune des notions précieuses sur *l'état moyen* de diaphanéité de l'atmosphère terrestre, dans les hémisphères qui successivement concourent à la reproduction de la lumière cendrée. »

(7) [page 409]. Venturi, *Essai sur les ouvrages de Léonard de Vinci*, 1797, p. 11.

(8) [page 410]. Képler, *Paralipomena vel Astronomiæ pars optica*, 1604, p. 297.

(9) [page 410]. « On conçoit que la vivacité de la lumière rouge ne dépend pas uniquement de l'état de l'atmosphère, qui réfracte, plus ou moins affaiblis, les rayons solaires, en les infléchissant dans le cône d'ombre, mais qu'elle est modifiée surtout par la transparence variable de la partie de l'atmosphère à travers laquelle nous apercevons la Lune éclipsée. Sous les Tropiques, une grande sérénité du Ciel, une dissémination uniforme des vapeurs, diminuent l'extinction de la lumière que le disque lunaire nous

renvoie. » (Humboldt, *Voyage aux Régions équinoxiales*, t. III, p. 544, et *Recueil d'Observat. astronomiques*, t. II, p. 145). On lit dans l'*Annuaire* pour 1842, p. 528, cette remarque d'Arago : « Les rayons solaires arrivent à notre satellite par l'effet d'une réfraction et à la suite d'une absorption dans les couches les plus basses de l'atmosphère terrestre ; pourraient-ils avoir une autre teinte que le rouge ? »

(10) [page 410]. Babinet, dans une Notice sur les différentes proportions des lumières blanche, bleue ou rouge, qui se produisent lors de l'inflexion des rayons, présente cette coloration rouge comme une conséquence de la diffraction ; voyez le *Répertoire d'Optique moderne de Moigno*, 1850, t. IV, p. 1656. « La lumière diffractée, dit Babinet, qui pénètre dans l'ombre de la Terre, prédomine toujours et même à été seule sensible. Elle est d'autant plus rouge ou orangée qu'elle se trouve plus près du centre de l'ombre géométrique ; car ce sont les rayons les moins réfrangibles qui se propagent le plus abondamment par diffraction, à mesure qu'on s'éloigne de la propagation en ligne droite. » D'après les ingénieuses recherches auxquelles s'est livré Magnus, à l'occasion d'une discussion entre Airy et Faraday, les phénomènes de la diffraction ont aussi lieu dans le vide. Voyez sur les explications par la diffraction, Arago, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1846, p. 452-455.

(11) [page 410]. On lit dans Plutarque (*de Facie in orbe Lunæ*, éd. Wyttenbach, t. IV, p. 780-785) que « le changement de couleur de la Lune qui, ainsi que l'affirment les mathématiciens, passe du noir au rouge et à une teinte bleuâtre, suivant l'heure où se produit l'éclipse, prouve suffisamment que l'aspect enflammé (ἀνθρακῶδες) qu'elle présente, lorsqu'elle est éclipsée vers minuit, ne peut être considéré comme une propriété inhérente au sol de la planète. » Dion Cassius, qui s'est beaucoup occupé des éclipses de Lune et des remarquables édits dans lesquels l'empereur Claude annonçait d'avance les dimensions de la partie éclipsée, appelle l'attention sur la couleur de la Lune, si différente d'elle-même, durant la conjonction. « L'éclipse qui eut lieu cette nuit, dit-il (lib. LV, cap. 11 ; cf. lib. LX, cap. 26), jeta le trouble dans le camp de Vitellius : mais ce qui alarma surtout les esprits, ce fut moins l'obscurité, qui eût pu déjà paraître de triste présage, que la couleur rouge, noire, et toutes les teintes lugubres par lesquelles la Lune passa successivement. »

(12) [page 411]. Schrœter, *Selenotopographische Fragmente*, 1re part., 1791, p. 668; 2e part., 1802, p. 52.

(13) [page 411]. Bessel, *ueber eine angenommene Atmosphære des Mondes*, dans les *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, no 263, p. 416-420. Voy. aussi Beer et Mædler, *der Mond*, etc., §§ 83 et 107, p. 133 et 153, et Arago, dans l'*Annuaire* pour 1846, p. 346-353. On a souvent présenté comme preuve de l'existence d'une atmosphère le plus ou moins de netteté avec laquelle on aperçoit quelques accidents de la surface de la Lune, et les « brouillards qui paraissent traverser ses vallées. » C'est de toutes les raisons la moins soutenable, à cause des variations continuelles qui modifient la transparence des couches supérieures de notre propre atmosphère. Herschel le père s'était déjà prononcé pour la négative, d'après des considérations tirées de la forme que présentait l'une des pointes du croissant lunaire, dans l'éclipse de Soleil du 5 septembre 1793 (*Philosoph. Transact.*, t. LXXXIV, p. 167).

(14) [page 411]. Mædler, dans le *Jahrbuch* de Schumacher, pour 1840, p. 188.

(15) [page 411]. Sir John Herschel (*Outlines*, p. 247) appelle l'attention des astronomes sur l'immersion des étoiles doubles, dans le cas où la proximité des astres accouplés qui forment chaque système ne permet pas au télescope de les séparer.

(16) [page 411]. Plateau, *sur l'Irradiation*, dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles*, t. XI, p. 142, et *Ergänzungsband zu Poggendorff's Annalen*, 1842, p. 79-128, 193-232 et 405-443. La cause probable de l'irradiation est une excitation produite par la lumière sur la rétine, et qui s'étend un peu au delà des contours de l'image.

(17) [page 412]. Voyez l'opinion d'Arago, dans les *Comptes rendus*, t. VIII, 1839, p. 713 et 883: « Les phénomènes d'irradiation signalés par M. Plateau sont regardés par M. Arago comme les effets des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité de l'œil, combinés avec l'indistinction de la vision, conséquence des circonstances dans lesquelles les observateurs se sont placés. Des mesures exactes prises sur des disques noirs à fond blanc et des disques blancs à fond noir, qui étaient placés au Palais du Luxembourg, visibles à l'Observatoire, n'ont pas indiqué les effets de l'irradiation. »

(18) [page 412]. Plutarque, *de Facie in orbe Lunæ*, éd. Wyttenbach, t. IV, p. 786-789. L'ombre du mont Athos, qu'a vue aussi le voyageur Pierre Belon (*Observations de Singularités trouvées en Grèce, Asie*, etc., 1554, liv. I, chap. 25), atteignait la vache d'airain élevée sur la place de la ville de Myrine, dans l'île de Lemnos.

(19) [page 412]. Pour les témoignages de la visibilité de ces quatre régions, voyez Beer et Mædler, *der Mond nach seinen Kosmischen Verhæltnissen*, p. 191, 241, 290 et 358. Il est à peine utile de rappeler que j'ai tiré tout ce qui a rapport à la topographie lunaire, de l'excellent ouvrage de mes deux amis, dont l'un, Wilhelm Beer, a été malheureusement enlevé à la science par une mort prématurée. — Afin de s'orienter plus facilement, il est bon de consulter la belle carte synoptique que Mædler a donnée en 1837, 3 ans après la grande carte lunaire qu'il a publiée en quatre feuilles séparées.

(20) [page 412]. Plutarque, *de Facie in orbe Lunæ*, p. 726-729, Wyttenb. Ce passage n'est pas non plus sans intérêt pour la géographie ancienne. Voyez Humboldt, *Examen critique de l'hist. de la Géographie*, t. I, p. 145. Quant aux autres opinions proposées par les anciens, on peut voir celles d'Anaxagore et de Démocrite dans Plutarque, *de Placitis Philosoph.*, lib. II, cap. 25, et celle de Parménide dans Stobée, p. 419, 455, 516 et 563, éd. Heeren. Comp. Schneider, *Eclogæ physicæ*, t. I, p. 433-443. D'après un passage fort remarquable de Plutarque, dans la Vie de Nicias (chap. 23), Anagore lui-même, qui appelle la Lune une autre Terre, aurait fait un dessin du disque lunaire. Voyez aussi Origène, *Philosophumena*, cap. 8, éd. Miller, 1851, p. 14. Je fus fort étonné un jour, lorsque montrant les taches de la Lune dans un grand télescope à un Persan natif d'Ispahan, qui bien que fort éclairé, n'avait certainement jamais lu un livre grec, je lui entendis énoncer l'opinion d'Agésianax, comme très-répandue dans son pays. « Ce que nous voyons là dans la Lune, disait-il, c'est nous-mêmes, c'est la carte de la Terre. » Un des interlocuteurs du Traité de Plutarque, *sur la face de la Lune*, ne se fût pas exprimé autrement. S'il était possible de supposer des hommes habitant sur notre satellite sans air et sans eau, la Terre tournant sur elle-même avec ses taches, dans un ciel presque noir même en plein jour, leur présenterait une surface quatorze fois plus grande que n'est pour nous la pleine Lune et leur fe-

rait l'effet d'une mappemonde fixée toujours au même point du firmament; mais sans doute les obscurcissements, produits sans cesse par les variations de notre atmosphère, effaceraient les contours des continents et entraveraient un peu les études géographiques. Voyez Mædler, *Astronomie*, p. 169, et J. Herschel, *Outlines of Astron.*, § 436.

(21) [page 414]. Beer et Mædler, *der Mond*, p. 273.

(22) [page 415]. Schumacher's *Jahrbuch* für 1841, p. 270.

(23) [page 415]. Mædler, *Astronomie*, p. 166.

(24) [page 416]. Le plus haut sommet de l'Himalaya et jusqu'à présent de toute la Terre, le Kinchinjinga, a, d'après les mesures récentes de Waugh, 4406 toises de haut, ou 8587 mètres. Le plus haut sommet des montagnes de la Lune, a, d'après Mædler, 3800 toises: or comme le diamètre de la Lune est de 337 myriamètres, et celui de la Terre de 1274, il en résulte que la hauteur des montagnes lunaires est au diamètre de la Lune comme 1 est à 454, celle des montagnes de la Terre au diamètre terrestre comme 1 est à 1481.

(25) [page 417]. Consultez, au sujet des six altitudes dépassant 3000 toises, Beer et Mædler, *der Mond*, p. 99, 125, 234, 242, 330 et 331.

(26) [page 418]. Robert Hooke, *Micrographia*, 1667, obs. LX, p. 242-246. « These seem to me to have been the effects of some motions within the body of the Moon, analogous to our Earthquakes, by the eruption of which, as it has thrown up a brim or ridge round about, higher than the ambient surface of the Moon, so has it left a hole or depression in the middle, proportionably lower. » Hooke s'exprime ainsi au sujet de ses expériences sur le bouillonnement produit par l'albâtre: « Presently ceasing to boyl, the whole surface will appear all over covered with small pits, exactly shaped like these of the Moon. — The earthy part of the Moon has been undermined or heaved up by eruptions of vapours, and thrown into the same kind of figured holes as the powder of alabaster. It is not improbable also, that there may be generated, within the body of the Moon, divers such kind of internal fires and heats, as may produce exhalations. »

(27) [page 418]. *Cosmos*, t. II, p. 447 (note 43).

(28) [page 418]. Beer et Mædler, *der Mond.*, p. 126. Ptolémée a 24 milles de diamètre, Alphonse et Hipparque en ont 19.

(29) [page 419]. On signale comme exceptions Arzachel et Hercule, dont le premier a un cratère au sommet, et le second un cratère latéral. Ces points, intéressants pour la géognosie, méritent d'être étudiés de nouveau avec des instruments plus parfaits (Schrœter, *Selenotopographische Fragmente*, 2e part., pl. 44 et 68, fig. 25). On n'a jusqu'ici rien observé d'analogue aux coulées de laves qui s'amoncellent dans nos vallées. Les rayons qui partent de l'Aristote, suivant trois directions différentes, sont des chaînes de collines (Beer et Mædler, *der Mond*, p. 236).

(30) [page 419]. Beer et Mædler *der Mond*, p. 151; Arago dans l'*Annuaire* pour 1842, p. 526; voyez aussi Emmanuel Kant, *Schriften der Physischen Geographie*, 1839, p. 393-402. D'après des recherches nouvelles et plus approfondies, l'hypothèse des changements temporaires produits dans le relief de la Lune, tels que la formation de nouveaux pics centraux ou de cratères dans le Mare crisium, dans Hévélius et dans Cléomède, est l'effet d'une illusion semblable à celle par laquelle on s'est figuré voir des éruptions volcaniques dans la Lune. Voyez Schrœter, *Selonotopograph. Fragmente*, 1re part., p. 412-523; 2e part., p. 268-272. — Il est généralement difficile de résoudre la question de savoir quels sont les plus petits objets dont la hauteur ou l'étendue puisse être mesurée dans l'état actuel des instruments. D'après le jugement du Dr Robinson sur le superbe réflecteur de Lord Rosse, on peut, à l'aide de ce télescope, distinguer avec beaucoup de netteté un espace de 220 pieds. Mædler a mesuré dans ses observations des ombres de 3 secondes; ce qui, d'après certaines hypothèses sur la position de la montagne et la hauteur du Soleil, correspondrait à une élévation de 120 pieds seulement. Mais en même temps Mædler fait remarquer que l'ombre doit avoir une certaine largeur pour être visible et mesurable. L'ombre projetée par la grande pyramide de Chéops aurait à peine, en raison des dimensions connues du monument, un neuvième de seconde de largeur, même dans la partie la plus large, elle serait donc invisible pour nous; voyez Mædler, dans le *Jahrbuch* de Schumacher pour 1841, p. 264. Arago rappelle qu'au moyen d'un grossissement de 6000 fois, qui à la vérité ne pourrait être appliqué à la Lune avec un résultat proportionné à sa

puissance, les montagnes lunaires nous feraient à peu près l'effet du mont Blanc, vu à l'œil nu du lac de Genève.

(31) [page 419]. Les sillons ou rigoles sont en petit nombre, et ne dépassent jamais une longueur de 22 myriamètres. Ces sillons sont quelquefois bifurqués : c'est le cas de Gassendi. Quelquefois aussi, mais moins souvent, ils ont l'apparence de veines, comme Triesnecker. Ils sont toujours lumineux : ils n'enjambent pas sur les montagnes et ne courent qu'à travers les plaines; leurs extrémités n'offrent rien de particulier, et n'ont ni plus ni moins de largeur que la partie intermédiaire (Beer et Mædler, *der Mond*, p. 131, 225 et 249).

(32) [page 420]. Voyez mon *Essai sur la vie nocturne des animaux, dans les forêts du Nouveau Monde* (*Tableaux de la Nature*, p. 195). Les spéculations de Laplace (car ce ne furent jamais des idées arrêtées au sujet d'un clair de Lune perpétuel (*Exposition du système du Monde*, 1824, p. 232), ont été contredites dans un Mémoire de Liouville, *sur un cas particulier du problème des trois corps*. « Quelques partisans des causes finales, dit Laplace, ont imaginé que la Lune a été donnée à la Terre pour l'éclairer pendant les nuits; dans ce cas, la nature n'aurait point atteint le but qu'elle se serait proposé, puisque nous sommes souvent privés à la fois de la lumière du Soleil et de celle de la Lune. Pour y parvenir, il eût suffi de mettre à l'origine la Lune en opposition avec le Soleil dans le plan même de l'écliptique, à une distance égale à la centième partie de la distance de la Terre au Soleil, et de donner à la Lune et à la Terre des vitesses parallèles et proportionnelles à leurs distances à cet astre. Alors la Lune, sans cesse en opposition au Soleil, eût décrit autour de lui une ellipse semblable à celle de la Terre; ces deux astres se seraient succédé l'un à l'autre sur l'horizon; et comme à cette distance la Lune n'eût point été éclipsée, sa lumière aurait certainement remplacé celle du Soleil. » Liouville trouve au contraire « que, si la Lune avait occupé à l'origine la position particulière que l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* lui assigne, elle n'aurait pu s'y maintenir que pendant un temps très-court. »

(33) [page 420]. Voyez sur le transport des terrains par les marées, Sir Henry de la Beche. *Geological Manual*, 1833, p. 111.

(54) [page 420]. Arago, *sur la question de savoir si la Lune exerce sur notre atmosphère une influence appréciable,* dans l'*Annuaire* pour 1833. p. 157-206. Les principales autorités citées sont: Scheibler (*Untersuchungen über Einfluss des Mondes auf die Veränderungen in unserer Atmosphäre,* 1830. p. 20). Flaugergues *Vingt années d'observations à Viviers,* dans la *Bibliothèque universelle,* Sciences et Arts, t. XL. 1829. p. 265-283, et dans le Recueil de Kastner: *Archiv für die gesammte Naturlehre,* t. XVII, 1829. p. 32-50), et Eisenlohr, dans les *Poggendorff's Annalen der physik,* t. XXXV, 1835, p. 141-160 et 309-329. — Sir John Herschel croit très-probable « qu'il règne sur la Lune une très-haute température, fort au-dessus de l'ébullition de l'eau, parce que la surface de cet astre est exposée à l'action du Soleil, durant quatorze jours, sans interruption et sans rien qui l'adoucisse. La Lune doit donc, en opposition ou peu de jours après, devenir, à quelque degré que ce soit (in some small degree), une source de chaleur pour la Terre: mais cette chaleur émanant d'un corps dont la temperature est encore bien loin de l'incandescence (below the temperature of ignition), ne peut atteindre la surface de la Terre, attendu qu'elle est absorbée dans notre atmosphère, où elle transforme les vapeurs vésiculaires et visibles en vapeurs transparentes. » Sir John Herschel considère le phénomène de la dissolution rapide des nuages sous l'influence de la pleine Lune, quand le Ciel n'est point trop couvert, comme un fait météorologique, « confirmé, ajoute-t-il, par les expériences de Humboldt, aussi bien que par la croyance très-générale des navigateurs espagnols dans les mers tropicales. » Voyez *Report of the fifteenth Meeting of the British Association for the adavancement of Science,* 1846. Notices, p. 5, et *Outlines of Astronomy,* p. 261.

(55) [page 421]. Beer et Mædler, *Beitræge zur physischen Kenntniss des Sonnensystems,* 1841, p. 113 : les chiffres indiqués résultent d'observations faites en 1830 et en 1832. Voyez aussi Mædler, *Astronomie,* 1849, p. 206. La première et importante correction, apportée à la durée de la rotation de Mars, qui avait été évaluée par Dominique Cassini à 24h 40', est due aux laborieuses observations poursuivies par William Herschel de 1777 à 1781 : ces observations donnèrent pour résultat 24h 39' 21'',7. Kunowsky, en 1821, avait trouvé 24h 36' 40'', résultat très-voisin de celui qu'a obtenu Mædler. La première observation faite par

Cassini sur la rotation d'une tache de Mars, paraît avoir eu lieu peu de temps après l'année 1670 (Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 694): mais dans le Mémoire fort rare de Kern, *de Scintillatione Stellarum*, Wittenberg, 1686, § 8, je trouve mentionnés comme ayant découvert la rotation de Mars et celle de Jupiter: « Salvator Serra et le Père Ègidius Franciscus de Cottignez, astronomes du Collége romain. »

(36) [page 421]. Laplace, *Exposition du Système du Monde*, p. 36. Les mesures très-imparfaites de Schrœter sur le diamètre de Mars attribuent à cette planète un aplatissement de 1/80 seulement.

(37) [page 421]. Beer et Mædler, *Beitræge, etc.*, p. 111.

(38) [page 421]. Sir John Herschel, *Outlines of Astron.*, § 510.

(39) [page 421]. Beer et Mædler, *Beitræge, etc.*, p. 117-125.

(40) [page 422]. Mædler, dans les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, nº 192.

(41) [page 422]. *Cosmos*, t. III, p. 366 et 367. Voyez aussi sur l'ordre chronologique dans lequel se sont succédé les découvertes des petites planètes, *ibid.* p. 365 et 396: sur leur grandeur relativement à celle des astéroïdes météoriques ou aérolithes, p. 370; enfin sur l'hypothèse d'après laquelle Képler comblait à l'aide d'une planète la grande lacune qui sépare Mars de Jupiter, hypothèse qui n'a d'ailleurs en aucune façon contribué à amener la découverte de la première petite planète, de Cérès, p. 377-381 et 541, 542 (notes 61-63). Je ne crois pas juste le reproche sévère adressé à un illustre philosophe, parce qu'ignorant la découverte de Piazzi, à une époque où elle pouvait, il est vrai, lui être connue depuis cinq mois, il contestait non pas la probabilité mais bien la nécessité d'une planète existant entre Mars et Jupiter. Hegel, en effet, dans la Dissertation *de Orbitis Planetarum*, qu'il écrivit durant le printemps et l'été de 1801, traite des idées des anciens sur les distances respectives des Planètes; et citant la série des nombres dont parle Platon dans le *Timée* (p. 35, Estienne): 1 . 2 . 3 . 4 . 9 . 8 . 27 ... (Voyez *Cosmos*, t. III, p. 336, note 51), il conteste qu'il faille nécessairement admettre une lacune. Il dit simplement: « Quæ series *si verior naturæ* ordo sit, quam arithmetica progressio, inter quartum et quintum locum magnum esse spatium, neque ibi planetam desi-

derari apparet. » (Hegel's *Werke*, t. XVI, 1834, p. 28; voyez aussi Rosenkranz, *Hegel's Leben*, 1844, p. 154). Kant, dans le spirituel écrit intitulé : *Naturgeschichte des Himmels*, 1755, se borne à dire que lors de la formation des Planètes, Mars devait sa petitesse à l'immense puissance attractive de Jupiter. Il ne fait allusion qu'une fois et très-vaguement aux « membres du système solaire, qui sont fort distants les uns des autres, et entre lesquels on n'a pas encore trouvé les intermédiaires qui les séparent. » (Emmanuel Kant, *Sämmtliche Werke*, 6e part., 1839, p. 37, 110 et 196.)

(42) [page 425]. Voyez, au sujet de l'influence que le perfectionnement des cartes célestes peut avoir sur la découverte des petites planètes, le *Cosmos*, t. III, p. 93 et 94.

(43) [page 425]. D'Arrest, *ueber das System der Kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter*, 1851, p. 8.

(44) [page 425]. *Cosmos*, t. III, p. 366 et 392.

(45) [page 425]. Benjamin Abthorp Gould (aujourd'hui à Cambridge, dans l'État de Massachusetts), *Untersuchungen ueber die gegenseitige Lage der Bahnen zwischen Mars und Jupiter*, 1848, p. 9-12.

(46) [page 425]. D'Arrest, *ueber das System der Kleinen Planeten*, p. 30.

(47) [page 425]. Zach, *Monatliche Correspondenz*, t. VI, p. 88.

(48) [page 426]. Gauss, dans le même Recueil, t. XXVI, p. 299.

(49) [page 426]. M. Daniel Kirkwood, de l'Académie de Pottsville, a cru pouvoir tenter de reconstituer la planète brisée, au moyen des fragments qui en restent, comme on recompose les animaux antédiluviens. Il est arrivé ainsi à lui assigner un diamètre dépassant celui de Mars de plus de 1800 myriamètres, et la rotation la plus lente de toutes les planètes principales, le jour ne durant pas moins de 57 heures 1/2. (*Report of the British Association*, 1850, p. XXXV).

(50) [page 426]. Beer et Mædler, *Beitræge zur physischen Kenntniss der himmlischen Kærper*, p. 104-106. Les observations plus anciennes mais moins sûres de Hussey donnaient jusqu'à 1/24. Laplace (*Système du Monde*, p. 266) a trouvé théoriquement, en supposant croissante la densité des couches, une valeur comprise entre 1/24 et 5/48.

(51) [page 427]. L'immortel ouvrage de Newton, *Philosophiæ naturalis Principia Mathematica*, parut en mai 1687, et les Mémoires de l'Académie de Paris ne donnent la mesure de l'aplatissement déterminé par Cassini (1/15) qu'en 1691, de sorte que Newton qui certainement pouvait connaitre les expériences faites sur le pendule à Cayenne par Richer, d'après la Relation de son voyage imprimée en 1679, dut recevoir le premier avis de la figure de Jupiter par des rapports verbaux, et par les correspondances écrites, si actives à cette époque. Voyez à ce sujet et sur l'époque où Huygens eut connaissance des observations de Richer sur le pendule, le *Cosmos*, t. I, p. 559 (note 29), et t. II, p. 458 (note 2).

(52) [page 427]. Airy, dans les *Memoirs of the royal Astron. Society*, t. IX, p. 7; t. X, p. 45.

(53) [page 427]. On s'en tenait encore à cette évaluation en 1824. Voyez Laplace, *Système du Monde*, p. 207.

(54) [page 427]. Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 754.

(55) [page 429]. « On sait qu'il existe au-dessus et au-dessous de l'équateur de Jupiter deux bandes moins brillantes que la surface générale. Si on les examine avec une lunette, elles paraissent moins distinctes à mesure qu'elles s'éloignent du centre, et même elles deviennent tout à fait invisibles près des bords de la planète. Toutes ces apparences s'expliquent en admettant l'existence d'une atmosphère de nuages interrompue aux environs de l'équateur par une zone diaphane, produite peut-être par les vents alisés. L'atmosphère de nuages réfléchissant plus de lumière que le corps solide de Jupiter, les parties de ce corps que l'on verra à travers la zone diaphane, auront moins d'éclat que le reste et formeront les bandes obscures. A mesure qu'on s'éloignera du centre, le rayon visuel de l'observateur traversera des épaisseurs de plus en plus grandes de la zone diaphane, en sorte qu'à la lumière réfléchie par le corps solide de la planète s'ajoutera la lumière réfléchie par cette zone plus épaisse. Les bandes seront par cette raison moins obscures en s'éloignant du centre. Enfin aux bords mêmes la lumière réfléchie par la zone vue dans la plus grande épaisseur pourra faire disparaître la différence d'intensité qui existe entre les quantités de lumière réfléchie par la planète et par l'atmosphère de nuages; on ces-

sera alors d'apercevoir les bandes qui n'existent qu'en vertu de cette différence. — On observe dans les pays de montagnes quelque chose d'analogue : quand on se trouve près d'une forêt de sapins, elle paraît noire ; mais à mesure qu'on s'en éloigne, les couches d'atmosphère interposées deviennent de plus en plus épaisses et réfléchissent de la lumière. La différence de teinte entre la forêt et les objets voisins diminue de plus en plus ; elle finit par se confondre avec eux, si l'on s'en éloigne d'une distance convenable. » (Extrait des Leçons d'Astronomie d'Arago, 1841).

(56) [page 429]. *Cosmos,* t. II, p. 272, 275 et 448 (note 44).

(57) [page 430]. Sir John Herschel, *Outlines of Astron.*, § 540.

(58) [page 431]. Les premières observations de William Herschel, faites en novembre 1793, donnèrent pour la rotation de Saturne $10^h\ 16'\ 44''$. C'est à tort qu'on a fait honneur au grand philosophe Emmanuel Kant d'avoir deviné par des considérations purement théoriques et consigné dans le brillant ouvrage intitulé : *Allgemeine Naturgeschichte des Himmels,* quarante ans avant Herschel, la véritable durée de la rotation de Saturne. Le nombre qu'il indique est $6^h\ 23'\ 53''$. Il considère cette valeur « comme la détermination mathématique du mouvement encore inconnu d'un corps céleste, prédiction unique peut-être en son genre, et qui ne peut être vérifiée que par les observations des siècles futurs. » L'attente n'a point été remplie ; les observations postérieures ont révélé une erreur de 4 heures, c'est-à-dire des 3/5. On trouve dans le même ouvrage, au sujet de l'Anneau de Saturne, que « dans l'amas de particules dont il se compose, les unes situées à l'intérieur du côté de la planète accomplissent leur rotation en 10 heures, et que les autres, qui forment la partie extérieure, mettent 15 heures à opérer le même mouvement. « Le premier de ces deux nombres se rapproche par hasard de la vitesse angulaire de la planète ($10^h\ 29'\ 17''$). Voyez Kant, *Sæmmtliche Werke*, 6e part., 1839, p. 135 et 140.

(59) [page 431]. Laplace (*Exposition du Système du Monde,* p. 43) évalue l'aplatissement de Saturne à 1/11. Bessel n'a point confirmé mais a au contraire déclaré inexacte cette singulière dépression d'après laquelle William Herschel, à la suite d'une série d'observations laborieuses, faites avec des télescopes très-divers, trouva que le grand axe de la planète était situé non pas dans le plan de son équateur, mais dans un plan formant avec celui de l'équateur un angle d'environ 45°.

(60) [page 431]. Arago, dans l'*Annuaire* pour 1842, p. 555.

(61) [page 432]. Dominique Cassini avait signalé aussi cette différence d'éclat des deux anneaux. Voyez *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1715, p. 13.

(62) [page 432]. *Cosmos*, t. II, p. 274. Ce ne fut que quatre ans plus tard, en 1659, que la découverte ou plutôt l'explication complète des apparences que présentent Saturne et son anneau fut publiée dans le *Systema Saturnium*.

(63) [page 433]. Tout récemment de semblables éminences ont été aperçues de nouveau par Lassell, à Liverpool, avec un réflecteur de 20 pieds de longueur focale, que lui-même avait construit. Voyez *Report of the British Association*, 1850, p. XXXV.

(64) [page 433]. Voy. Harding, *Kleine Ephemeriden* für 1835, p. 100, et Struve dans les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, nº 139, p. 389.

(65) [page 433]. On lit dans les *Acta Eruditorum* pro anno 1684, p. 424, le passage suivant, extrait de l'ouvrage intitulé *Systema phœnomenorum Saturni, autore Galletio, præposito eccles. Avenionensis:* « Nonnunquam corpus Saturni *non exacte annuli medium* obtinere visum fuit. Hinc evenit, ut, quum planeta orientalis est, centrum ejus extremitati orientali annuli propius videatur, et major pars ab occidentali latere sit cum ampliore obscuritate. »

(66) [page 434]. Horner, dans le *Neues Physik. Wœrterbuch* de Gehler, t. VIII, 1836, p. 174.

(67) [page 434]. Benjamin Peirce, *on the Constitution of Saturn's Ring*, dans l'*Astronomical Journal* de Gould, 1851, t. II, p. 16: « The ring consists of a stream or of streams of a fluid rather denser than water flowing around the primary. » Voyez aussi Silliman's *American Journal*, 2ᵉ série, t. XII, 1851, p. 99, et sur les inégalités de l'anneau ou les actions perturbatrices et par cela même conservatrices des satellites, John Herschel, *Outlines of Astronomy*, p. 320.

(68) [page 434]. John Herschel, *Cape Observations*, p. 414-430, et *Outlines*, p. 650. Voyez aussi sur la loi des distances, *ibid.*, p. 337, § 550.

(69) [page 435]. Fries, *Vorlesungen ueber die Sternkunde*, 1833, p. 325; Challis dans les *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, t. III, p. 171.

(70) [page 436]. William Herschel. *Account of a Comet*, dans les *Philosophical Transactions* for 1781, t. LXXI, p. 492.

(71) [page 436]. *Cosmos*, t. III, p. 583.

(72) [page 436]. Mædler, dans les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, nº 493. Voyez aussi sur l'aplatissement d'Uranus, Arago dans l'*Annuaire* pour 1842, p. 577-579.

(73) [page 438]. Voyez, pour les observations de Lassell à Starfield (Liverpool) et celles d'Otto Struve, les *Monthly Notices of the royal Astronomical Society*, t. VIII, 1848, p. 43-47, 135-139, et les *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, nº 623, p. 365.

(74) [page 438]. Bernhard von Lindenau, *Beitrag zur Geschichte der Neptun's Entdeckung*, dans le supplément des *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, 1849, p. 17.

(75) [page 438]. *Astronom. Nachrichten*, nº 580.

(76) [page 439]. Leverrier, *Recherches sur les mouvements de la planète Herschel*, 1846, dans la *Connaissance des Temps* pour 1849, p. 254.

(77) [page 439]. L'élément très-important de la masse de Neptune a reçu beaucoup d'accroissements successifs. Estimé d'abord 1/20897 par Adams, il a été évalué à 1/19840 par Peirce, à 1/19400 par Bond, à 1/18780 par John Herschel, à 1/15480 par Lassell, enfin à 1/14446 par Otto et Auguste Struve à Poulkova. C'est ce dernier résultat que nous avons adopté dans le texte.

(78) [page 440]. Airy, dans les *Monthly Notices of the royal Astronomical Society*, t. VII, nº 9 (novembre 1846), p. 121-152; Bernhard von Lindenau, *Beitrag zur Geschichte der Neptun's Entdeckung*, p. 1-32 et 235-238. — Leverrier, sur l'invitation d'Arago, commença dans l'été de 1845 à s'occuper de la théorie d'Uranus. Il présenta à l'Institut les résultats de ses recherches, le 10 novembre 1845, le 1er juin, le 3 août et le 5 octobre 1846, et les publia aussitôt. Le plus grand et le plus important travail de Leverrier, celui qui contient la solution complète du problè-

me, parut dans la *Connaissance des Temps* pour 1849. Adams fit part de ses premiers résultats, mais sans rien confier à l'impression, au professeur Challis, en septembre 1845, et avec quelques changements à l'Astronome royal, dans le mois d'octobre de la même année, toujours sans en rien publier. L'Astronome royal eut communication des résultats définitifs d'Adams, corrigés de nouveau dans le sens d'une diminution de la distance, au commencement du mois de septembre 1846. Le jeune géomètre de Cambridge s'exprime sur ces travaux successifs, tous dirigés vers le même but, avec autant de modestie que d'abnégation: « I mention these earlier dates merely to show, that my results were arrived at independently and previously to the publication of M. Leverrier, and not with the intention of interfering with his just claims to the honors of the discovery ; for there is no doubt that his researches were first published to the world, and led to the actual discovery of the planet by Dr. Galle; so that the facts stated above cannot detract, in the slightest degree, from the credit due to M. Leverrier. »

Comme, dans l'histoire de la découverte de Neptune, on a souvent répété que l'illustre astronome de Kœnigsberg avait partagé l'espérance exprimée déjà en 1834 par Alexis Bouvard, l'auteur des Tables d'Uranus, « que les perturbations d'Uranus devaient être causées par une planète encore inconnue, » j'ai pensé qu'il pourrait être intéressant pour les lecteurs du *Cosmos* de trouver ici une partie de la lettre que m'écrivit Bessel, à la date du 8 mai 1840, deux ans, par conséquent, avant sa conversation avec Sir John Herschel, lors de sa visite à Collingwood: « Vous me demandez des nouvelles de la planète située au delà d'Uranus. Je pourrais vous adresser à quelques-uns de mes amis de Kœnigsberg qui croient en savoir plus que moi-même sur ce point. J'avais choisi pour texte d'une leçon publique, le 28 février 1840, l'exposé des rapports qui existent entre les observations astronomiques et l'astronomie elle-même. Le public ne fait pas de différence entre ces deux objets; il y avait donc lieu de redresser son opinion. La part de l'observation dans le développement des connaissances astronomiques me conduisait naturellement à remarquer que nous ne pouvons être certains d'expliquer par notre théorie tous les mouvements des planètes. Je citai comme preuve Uranus; les anciennes observations dont cette planète a été l'objet ne s'accordent nullement avec les éléments déduits des observations plus récentes, faites de 1783 à 1820. Je crois

vous avoir déjà dit que j'ai beaucoup étudié cette question: mais tout ce que j'ai retiré de mes efforts, c'est la certitude que la théorie actuelle ou plutôt l'application que l'on en fait au système solaire, tel que nous le connaissons aujourd'hui, ne suffit point à résoudre le mystère d'Uranus. Ce n'est pas, à mon sens, une raison pour désespérer du succès. Il nous faut d'abord connaître exactement et d'une manière complète tout ce qui a été observé sur Uranus. J'ai chargé un de mes jeunes auditeurs, Flemming, de réduire et comparer toutes les observations, et maintenant j'ai là réunis sous la main tous les faits constatés. Si les anciennes déterminations ne conviennent déjà point à la théorie, celles d'aujourd'hui s'en écartent plus encore: car actuellement l'erreur est d'une minute entière, et elle s'accroît de 7 à 8 secondes par an, de sorte qu'elle sera bientôt beaucoup plus considérable. J'ai eu l'idée d'après cela qu'un moment viendrait où la solution du problème serait peut-être bien fournie par une nouvelle planète, dont les éléments seraient reconnus d'après son action sur Uranus et vérifiés d'après celle qu'elle exercerait sur Saturne. Je me suis d'ailleurs bien gardé de dire que ce temps fût arrivé; je me borne à chercher jusqu'où peuvent conduire les faits actuellement connus. C'est là un travail dont la pensée me suit depuis tant d'années, et au sujet duquel j'ai passé par tant d'opinions différentes, que j'aspire à en voir la fin, et que je ne négligerai rien pour arriver à ce résultat aussitôt qu'il sera possible. J'ai grande confiance en Flemming, qui, à Dantzig où il est appelé, continuera pour Saturne et pour Jupiter la réduction des observations qu'il a faites pour Uranus. Je m'applaudis, sous ce rapport, qu'il n'ait pour l'instant aucun moyen d'observation et qu'il n'ait point de cours à faire. Un jour viendra aussi pour lui, où il devra se livrer à des observations dirigées vers un but déterminé: alors, sans doute, les facilités matérielles ne lui manqueront pas plus que dès à présent l'habileté ne lui manque. »

(79) [page 440]. La première lettre dans laquelle Lassell annonça sa découverte était du 6 août 1847. Voyez Schumacher's *Astronom. Nachrichten*, n° 611, p. 165.

(80) [page 440]. Otto Struve, dans les *Astronom. Nachrichten*, n° 629. C'est d'après les observations faites à Poulkowa, qu'Auguste Struve a calculé à Dorpat l'orbite du premier satellite de Neptune.

(81) [page 440]. W. C. Bond, dans les *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, t, II, p. 137 et 140.

(82) [page 440]. Schumacher's *Astronom. Nachrichten*, n° 729, p. 145.

(83) [page 442]. « On reconnaîtra un jour, dit Kant, que les dernières planètes, qui par la suite seront découvertes au delà de Saturne, forment une série de membres intermédiaires qui se rapprochent de plus en plus de la nature des comètes, et ménagent la transition entre ces deux espèces de corps planétaires. La loi, d'après laquelle l'excentricité des orbites décrites par les planètes est en raison de leur distance au Soleil, vient à l'appui de cette conjecture. Il en résulte, en effet, qu'à mesure que cette distance augmente, les planètes répondent de plus en plus à la définition des comètes. Rien n'empêche que l'on ne considère à la fois comme la dernière planète et la première comète le corps céleste qui coupe au périhélie l'orbite de la planète la plus voisine, peut-être bien celle de Saturne. Le volume des corps planétaires, croissant de même avec leur distance au Soleil, démontre encore clairement la vérité de notre théorie sur la mécanique céleste. » (*Naturgeschichte des Himmels*, 1755, 6e part., p. 88 et 195, de la collection des Œuvres complètes). Au commencement de la 5e partie il est question de l'ancienne nature cométaire que Saturne est supposé avoir perdue.

(84) [page 442]. Stephen Alexander, *on the similarity of arrangement of the Asteroids and the Comets of short period, and the possibility of their common origin*, dans l'*Astronomical Journal* de Gould, n. 19°, p. 147 et n° 20, p. 181. L'auteur, d'accord avec Hind (Schumacher's *Astronom. Nachrichten*, n° 724), distingue « the comets of short period, whose semi-axes are all nearly the same with those of the small planets between Mars and Jupiter: and the other class, including the comets whose mean distance or semi-axis is somewhat less than that of Uranus. » Il termine le premier de ses deux Mémoires par cette conclusion: « Different facts and coincidences agree in indicating a near appulse if not an actual collision of Mars with a large comet in 1315 or 1316, that the comet was thereby broken into three parts whose orbits (it may be presumed) received even then their present form: viz that still presented by the comets of 1812, 1815 and 1846 which are fragments of the dissevered comet. »

(85) [page 443]. Laplace, *Expositions du Système du Monde*, édit. de 1824, p. 414.

(86) [page 443]. *Cosmos*, t. I. p. 79-91 et 327-331 (notes 42-57).

(87) [page 444]. En trois siècles et demi, de 1500 à 1850, il a paru en Europe 32 comètes visibles à l'œil nu. En les répartissant par périodes de 50 années, on obtient le tableau suivant :

1500 — 1550
1500
1505
1506
1512
1514
1516
1518
1521
1522
1530
1531
1532
1533

13 comètes.

1550 — 1600
1556
1558
1569
1577
1580
1582
1583
1590
1593
1596

10 comètes.

1600 — 1650
1607
1618

2 comètes.

1650 — 1700
1652
1664
1665
1668
1672
1680
1682
1686
1689
1696

10 comètes.

1700 — 1750
1702
1744
1748 (2)

4 comètes.

1750 — 1800
1759
1766
1769
1781

4 comètes.

1800 — 1850
1807
1811
1819
1823
1830
1833
1843
1845
1847

9 comètes.

Des 25 comètes observées au XVIe siècle, le siècle d'Apian, de Girolamo Fracastoro, du landgrave Guillaume IV de Hesse, de Mæstlin et de Tycho, les 10 premières ont été décrites par Pingré.

(88) [page 445]. C'est la comète « de mauvais augure » à laquelle fut attribuée la tempête qui causa la mort du célèbre navigateur portugais Bartholomé Diaz, au moment où il faisait, avec Cabral, la traversée du Brésil au Cap de Bonne-Espérance. Voyez Humboldt, *Examen critique de l'histoire de la Géographie du nouveau Continent*, t. I, p. 296; t. V, p. 80, et Souza, *Asia Portugal.*, t. I, 1re part., cap. 5, p. 45.

(89) [page 445]. Laugier, dans la *Connaissance des Temps* pour 1846, p. 99. Voyez aussi Édouard Biot, *Recherches sur les anciennes apparitions chinoises de la Comète de Halley antérieures à l'année* 1378, dans le même volume du même Recueil, p. 70-84.

(90) [page 445]. Sur la comète découverte par Galle au mois de mars 1840, voyez les *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, t. XVII, p. 188.

(91) [page 445]. Humboldt, *Vues des Cordillères* (éd. in-folio), pl. LV, fig. 8, p. 281. Les Mexicains se faisaient aussi une idée fort juste de la cause qui produit les éclipses de Soleil. Le même manuscrit mexicain dont il est parlé dans le texte, et qui remonte au moins à 25 ans avant l'arrivée des Espagnols, représente le Soleil presque complètement couvert par le disque de la Lune, et les étoiles brillant tout autour.

(92) [page 446]. Newton et Winthrop avaient déjà deviné la formation de la queue des comètes par les effluves de la partie antérieure, problème dont s'est tant occupé Bessel. Voyez les *Principia philosoph. natural.* de Newton, p. 511, et les *Philosoph. Transactions* for 1767, t. LVII, p. 140, fig. 5. Suivant Newton, c'est près du Soleil que la queue a le plus de force et d'étendue, parce que l'air cosmique, ce que j'appelle, avec Encke, le milieu résistant, a dans ces régions son maximum de densité, et que les particules de la queue, très-échauffées par le voisinage du Soleil, montent plus aisément au milieu d'un air plus dense. Winthrop est d'avis que l'effet principal se produit un peu après le périhélie, parce que, en vertu de la loi posée par Newton (*Principia, etc.*, p. 424 et 466), les maxima ont toujours une tendance à retarder l'époque de leur apparition.

(93) [page 446]. Arago, dans l'*Annuaire* pour 1844, p. 395. L'observation est d'Amici fils.

(94) [page 446]. Sir John Herschel dans ses *Outlines*, (§ 589-597), et Peirce dans l'*American Journal* for 1844 (p. 42) ont recueilli tous les détails concernant la comète du mois de mars 1843, qui brilla dans le Nord de l'Europe, près d'Orion, d'un éclat extraordinaire, et qui est, de toutes les comètes observées et calculées, celle qui s'est approchée le plus près du Soleil. Certaines ressemblances de physionomie, genre de preuve dont, au reste, Sénèque avait déjà démontré le peu de certitude (*Quæstiones natur.*, lib. VII, cap. 11 et 17), firent considérer d'abord cette comète comme identique avec celle de 1668 et de 1689. Voyez le *Cosmos*, t. I, p. 112 et 348 (note 92), et Galle, dans les *Olbers Cometenbahnen*, n°s 42 et 50. Boguslawski croit d'autre part (Schumacher's *Astronom. Nachrichten*, n° 545, p. 272) que la période de la comète de 1843 est de 147 ans, et que ses apparitions antérieures eurent lieu en 1695, 1548, 1401, etc. Il remonte ainsi jusqu'à l'année 371 avant l'ère chrétienne, et d'accord en cela avec le célèbre helléniste Thiersch, de Munich, il considère cette comète comme identique avec celle dont il est fait mention dans les *Météorologiques* d'Aristote (liv. I, chap. 6), et la désigne sous le nom de comète d'Aristote. Mais d'abord je rappellerai que cette dénomination est vague et peut s'appliquer à plusieurs objets. Veut-on parler de la comète qu'Aristote fait disparaître dans la constellation d'Orion et qu'il rattache au tremblement de terre de l'Achaïe: dans ce cas, il ne faut point oublier que cette comète qui, d'après le philosophe de Stagire, se montra simultanément avec le tremblement de terre, fut antérieure à cet événement, suivant Callisthène, et postérieure, suivant Diodore. Le 6e et le 8e chapitre des Météorologiques traitent de 4 comètes désignées par le nom des archontes d'Athènes sous lesquels elles apparurent, et par les événements désastreux auxquels on les rapporte. Aristote mentionne successivement la comète occidentale qui fut observée lors du tremblement de terre et des inondations de l'Achaïe (chap. 6, 8, puis celle qui marque l'archontat d'Euclès, fils de Molon. Il revient ensuite à la comète occidentale, et nomme à cette occasion l'archonte Asteius, qui est devenu dans des leçons vicieuses Aristeus, et que Pingré par suite a confondu, dans sa *Cometographie*, avec Aristhène ou Alcisthène. L'éclat de la comète d'Asteius se répandit sur plus d'un tiers de la

voûte céleste. La queue, que l'on désignait sous le nom de ὁδός, *chemin*, avait 60° de longueur, et s'étendait jusque dans la région d'Orion, où elle se dissolvait. Aristote cite encore (chap. 7, 9) la comète dont l'apparition coïncida avec la chute de l'aérolithe d'Ægos-Potamos, et qu'il ne faut point confondre avec le nuage météorique qui, suivant le récit de Daïmachus, brilla pendant 70 jours, et lança des étoiles filantes. Enfin Aristote (chap. 7, 10) mentionne une comète que l'on observa sous l'archontat de Nicomaque, et à laquelle fut attribué un violent orage qui éclata près de Corinthe. Ces quatre comètes remplissent la longue période de 32 olympiades. La première en date, celle qui coïncide avec l'aérolithe d'Ægos Potamos, se montra, d'après les marbres de Paros, la 1re année de la LXXVIIIe Olympiade (avant J.-C. 468), sous l'archontat de Théagénidès: la comète d'Euclès, nommé à tort Euclides par Diodore (liv. XII, chap. 53), fut observée dans la 2e année de l'Olymp. LXXXVIII (av. J.-C. 427), comme le prouve aussi le commentaire de Jean Philopon; celle d'Asteius, dans la 4e année de l'Olymp. CI (av. J.-C. 373); enfin celle de Nicomaque, dans la 4e année de l'Olymp. CIX (av. J. C. 341). Pline (liv. II, chap. 25) rapporte à la CVIIIe Olymp. la transformation de cette comète qui, après avoir présenté l'aspect d'une crinière, prit la forme d'une lance (jubæ effigies mutata in hastam). Sénèque crut aussi à une liaison directe entre la comète d'Asteius et le tremblement de terre qui ébranla l'Achaïe. Il dit, en rapportant la destruction des villes d'Hélice et de Bura, qui ne sont pas expressément nommées par Aristote: « Effigiem ignis longi fuisse Callisthenes tradit, antequam Burin et Helicen mare absconderet. Aristoteles ait non trabem illam sed Cometam fuisse (*Quæst. natur.*, lib. VII, cap. 5). » Strabon (liv. VIII, p. 384, éd. Casaubon) place la ruine de ces deux villes deux ans avant la bataille de Leuctres, ce qui donne bien la 4e année de la CIe Olympiade. Diodore de Sicile après avoir décrit en détail le tremblement de terre du Péloponèse et les inondations qui suivirent, comme des événements accomplis sous l'archontat d'Asteius (lib. XV, cap. 48 et 49), rejette à l'année suivante, sous l'archontat d'Alcisthène (Olymp. CII, I), l'apparition de la brillante comète qui produisait de l'ombre comme la lune, et dans laquelle il vit un présage de la déchéance des Lacédémoniens. Mais Diodore, qui écrivait longtemps après les événements qu'il raconte, ne se fait pas faute souvent de les reporter d'une année à l'autre, et l'on peut invoquer en faveur de l'opinion qui place la comète sous l'archontat d'Asteius, an-

térieur d'une année à celui d'Alcisthène, les témoignages les plus anciens et les plus sûrs, ceux d'Aristote et de la Chronique de Paros. Pour revenir maintenant au point de départ, comme Boguslawski en attribuant à la comète de 1843 une révolution de 147 ans 3/4, est remonté successivement aux années 1695, 1548, 1401, 1406, et enfin à l'année 371 avant notre ère, cette dernière apparition coïncide avec la comète qui accompagna le tremblement de terre du Péloponèse, à deux années près suivant Aristote, à une seule année près suivant Diodore, écart qui, si l'on pouvait constater la ressemblance des orbites, serait de très-peu de conséquence, eu égard surtout aux perturbations vraisemblables dans un intervalle de 2214 ans. Si Pingré (*Cométographie*, t. I, p. 259-262), tout en substituant, d'après Diodore, l'archontat d'Alcistène à celui d'Asteius, et en rapportant la comète qui disparut dans la constellation d'Orion à la 1re année de la CIIe Olympiade, lui assigne néanmoins pour date les premiers jours du mois de juillet 371 et non 372, la raison en est que, à l'exemple de quelques historiens, il marque d'un zéro la première année de l'ère chretienne. Il est important de remarquer, en terminant, que Sir John Herschel adopte pour la révolution de la brillante comète, qui fut vue près du soleil en 843, une période de 175 ans, ce qui reporte aux années 1668, 1493 et 1318 (comp. *Outlines*, p. 370-372, avec Galle, dans les *Olbers Cometenbahnen*, p. 208, et avec le *Cosmos*, t. I, p. 112). D'autres combinaisons de Peirce et de Clausen donnent des périodes de 21 ans 4/5 ou de 7 ans 1/5, et prouvent combien il est hasardé de déclarer la comète de 1843 identique avec celle de l'archonte Asteius. Grâce à la mention faite dans les *Météorologiques* d'Aristote (liv. I, cap. 7, 10), d'une comète qui apparut sous l'archontat de Nicomaque, nous savons que le philosophe de Stagire était âgé au moins de 44 ans, lorsqu'il composa cet ouvrage. Il m'a toujours paru surprenant qu'Aristote qui à l'époque du tremblement de terre du Péloponèse et de la grande comète qui couvrait de sa queue un espace de 60°, avait déjà quatorze ans, parle avec autant d'indifférence d'un pareil phénomène, et se borne à le ranger parmi les comètes observées jusqu'à lui. L'étonnement augmente encore, lorsqu'on lit dans le même chapitre qu'Aristote a vu de ses propres yeux autour d'une étoile fixe dans la cuisse du Chien, peut-être bien autour de Procyon dans le Petit-Chien, une apparence nébuleuse représentant une crinière. Aristote dit aussi (liv. I, chap. 6, 9) avoir observé dans les Gémeaux l'occultation d'une

étoile par le disque de Jupiter. La crinière de vapeur ou l'enveloppe nébuleuse de Procyon me rappelle un phénomène dont il est souvent question dans les Annales de l'ancien empire mexicain, d'après le *Codex Tellerianus*: « Cette année, y est-il dit, on vit de nouveau fumer Citlalcholoa, » c'est-à-dire la planète Vénus nommée aussi Tlazoteotl, dans la langue des Aztèques. (Humboldt, *Vues des Cordillères*, t. II, p. 303). Probablement sous le ciel du Mexique comme sous celui de la Grèce, on vit de petits halos formés autour des étoiles par la réfraction de leurs rayons.

(95) [page 446]. Edouard Biot, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XVI, 1843, p. 751.

(96) [page 447]. Galle, dans l'appendice de l'ouvrage intitulé *Olbers Cometenbahnen*, p. 221, n° 150. Sur le passage probable de la comète à double queue de 1823, voyez *Edinburg Review*, 1848, n° 175, p. 193. Le Mémoire d'Encke, cité un peu plus haut dans le texte, et qui contient les véritables éléments de la comète de 1680, renverse les fantaisies de Halley, d'après lesquelles cette même comète, accomplissant sa révolution en 575 ans, aurait apparu à toutes les époques critiques de l'histoire de l'humanité: à l'époque du déluge, d'après les traditions hébraïques: à celles d'Ogygès, d'après les légendes grecques: durant la guerre de Troie; lors de la destruction de Ninive: à la mort de Jules César, et ainsi de suite. La durée de la révolution de cette planète est, suivant les calculs d'Encke, de 8814 ans. Au périhélie, le 17 décembre 1680, elle n'était éloignée du Soleil que de 25000 myriamètres: c'est 15000 myriamètres de moins que la distance de la Lune à la Terre. Son aphélie est de 853, 3 distances de la Terre au Soleil. Le rapport de l'aphélie au périhélie est de 140 000 à 1.

(97) [page 447]. Arago dans, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1832, p. 256-255.

(98) [page 447]. Sir John Herschel, *Outlines of Astronomy*, § 592.

(99) [page 447]. Bernard de Lindenau, dans les *Astronomiche Nachrichten* de Schumacher, n° 698, p. 25.

(100) [page 447]. *Cosmos*, t. III, p. 32 et 33.

(1) [page 449]. Leverrier, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIX, 1844, p. 982-995.

(2) [page 450]. Newton n'attribuait l'éclat des comètes les plus brillantes qu'au reflet de la lumière solaire: « splendent cometæ luce solis a se reflexa » (*Principia mathemat.* éd. Le Seur et Jacquier, 1760, t. III, p. 577).

(3) [page 450]. Bessel, Schumacher's *Jahrbuch* für 1837, p. 169.

(4) [page 450]. *Cosmos*, t. I, p. 86, et t. III, p. 34.

(5) [page 450]. Valz, *Essai sur la détermination de la densité de l'Éther dans l'espace planétaire*, 1830, p. 2, et *Cosmos*, t. I, p. 85. L'accroissement du noyau des comètes, à mesure qu'augmente leur distance au Soleil, avait déjà attiré l'attention d'un observateur très-soigneux et exempt de toute prévention, d'Hévélius. Voyez Pingré, *Cométographie*, t. II, p. 193. C'est un travail très-délicat, lorsqu'on veut y apporter de l'exactitude, que de déterminer les diamètres de la comète d'Encke, à son périhélie. Cette comète est une masse nébuleuse dans laquelle le centre ou une partie du centre se détache par l'éclat de sa lumière. A partir de cette région, qui n'a nullement la forme d'un disque, et ne peut être appelée la tête de la comète, l'intensité de la lumière diminue rapidement tout autour. La nébulosité offre dans un sens un prolongement qui a l'apparence d'une queue. Les mesures indiquées dans le texte se rapportent à cette matière nébuleuse dont la circonférence, sans être bien arrêtée se resserre au périhélie.

(6) [page 451]. Sir John Herschel, *Cape Observations*, 1847, § 366, pl. XV et XVI.

(7) [page 451]. Bien que plus tard, le 5 mars, on vit croître jusqu'à la distance de 9° 19′ l'intervalle qui séparait les deux comètes, cette augmentation, ainsi que l'a prouvé Plantamour, n'était qu'apparente, et tenait à ce que l'astre s'était rapproché de la terre. Depuis le mois de février jusqu'au 10 mars, les deux parties de la double comète restèrent à la même distance l'une de l'autre.

(8) [page 451]. Le 19 février 1846, on aperçoit le fond noir du ciel qui sépare les deux comètes (O. Struve, dans le *Bulletin physico-mathematique de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. VI, n° 4).

(9) [page 452]. Voyez *Outlines of Astron.*, § 580-583, et Galle, *Olbers Cometenbahnen*, p. 252.

(10) [page 452]. « Ephorus non religiosissimæ fidei, sæpe decipitur, sæpe decipit. Sicut hic Cometem qui omnium mortalium oculis custoditus est, quia ingentis rei traxit eventus, cum Helicen et Burin ortu suo merserit, ait illum discessisse in duas stellas : quod præter illum nemo tradidit. Quis enim posset observare illud momentum quo cometes solutus et in duas partes redactus est? Quomodo autem, si est qui viderit cometem in duas dirimi, nemo vidit fieri ex duabus? (Sénèque, *Quæstiones naturales*, lib. VII, cap. 16.)

(11) [page 452]. Edouard Biot, *Recherches sur les comètes de la collection de Ma-tuan-lin*, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, 1845, p. 334.

(12) [page 453]. Galle dans les *Olbers Cometenbahnen*, p. 232, nº 174. Les comètes de Colla et de Brémiker, qui ont fait leur apparition dans les années 1845 et 1840, décrivent leur orbite elliptique en un temps assez court, si on les compare aux comètes de 1811 et de 1680, qui n'emploient pas moins de 3000 et de 8800 ans. Les périodes des deux comètes de Colla et de Brémiker ne paraissent être que de 249 et de 344 ans. Voyez Galle, *ibid.*, p. 229 et 231.

(13) [page 453]. La courte période de 1204 jours fut constatée par Encke, lors de la réapparition de sa comète, en 1819. Les éléments de l'orbite elliptique de cette comète, se trouvent calculés pour la première fois dans le *Berlin. astronom. Jahrbüch* für 1822, p. 193. Voyez aussi pour la constante du milieu résistant, considérée comme moyen d'expliquer la rapidité de la révolution, le 4e Mémoire d'Encke, dans le recueil de l'Académie de Berlin, année 1844, et comparez à ce sujet Arago, *Annuaire* pour 1832, p. 181, et *Lettre à M. Alexandre de Humboldt*, 1840, p. 12, ainsi que Galle dans les *Olbers Cometenbahnen*, p. 221. Pour compléter, en remontant aussi loin que possible, l'histoire de la comète d'Encke, il est bon de rappeler qu'elle fut vue pour la première fois par Méchain du 17 au 19 janvier 1786, puis par miss Carolina Herschel du 7 au 27 novembre 1795, par Bouvard, Pons et Huth du 20 octobre au 19 novembre 1805, enfin par Pons du 26 novembre 1818 au 12 janvier 1819, lors de sa dixième réapparition depuis la découverte de Méchain. Le premier retour cal-

culé à l'avance par Encke fut observé par Rumker à Paramatta; voyez Galle, ibid., p. 215, 217, 221 et 222. — La comète intérieure de Biéla, ou comme on a aussi coutume de dire, la comète de Biéla et de Gambart, observée pour la première fois le 8 mars 1772 par Montaigne, fut vue ensuite successivement par Pons, le 10 novembre 1805, par Biéla, à Josephstadt, en Bohême, le 27 février 1826, et par Gambart à Marseille, le 9 mars de la même année. C'est certainement Biéla qui, le premier, a découvert de nouveau la comète de 1772, mais en revanche Gambart en a déterminé les éléments elliptiques plus tôt que Biéla, et presque en même temps que Clausen. Le premier retour de la comète de Biéla, déterminé mathématiquement, a été observé par Henderson au Cap de Bonne-Espérance, durant les mois d'octobre et de décembre 1832. Le merveilleux dédoublement de la comète de Biéla, dont il a été question dans le texte, eut lieu lors de sa onzième réapparition depuis l'année 1772, vers la fin de 1845. Voyez Galle, dans les *Olbers Cometenbahnen*, p. 214, 218, 224, 227 et 232.

(14) [page 455]. Sir John Herschel, *Outlines of Astron.*, § 601.

(15) [page 456]. Laplace, *Exposition du système du Monde*, p. 396 et 414. Les vues particulières de Laplace sur les comètes, qu'il considère comme de petites nébuleuses errant de systèmes en systèmes, sont contredites par la résolution d'un grand nombre de nébuleuses, opérée depuis la mort de ce grand homme.

(16) [page 456]. Il y avait des divergences d'opinions à Babylone dans le collége des astrologues chaldéens, aussi bien que chez les Pythagoriciens et dans toutes les anciennes écoles. Sénèque (*Quæst. natur.* lib. VII. cap. 3) cite les sentiments opposés d'Apollonius le Myndien et d'Épigène. Bien qu'Épigène soit rarement cité, Pline (lib. VII, cap. 57) l'appelle « gravis auctor in primis. » Son nom se retrouve aussi, mais sans qualification, dans Censorinus (*de Die natali*, cap. 17), et dans Stobée (*Ecloga physica*, lib. I, cap. 29, p. 586, éd. Heeren). Voyez aussi Lobeck, *Aglaophamus*, p. 341. Diodore de Sicile (lib. XV, cap. 50) croit que l'opinion générale et dominante chez les astrologues de Babylone était que les comètes, après des intervalles de temps invariables, rentraient dans les orbites déterminés. Le dissentiment qui divisait les Pythagoriciens sur la nature planétaire des comètes, et que mentionnent Aristote et le Pseudo-Plutarque (*Meteorologica*, lib. I, cap. 6, 1 : de *Placitis*

Philosoph. lib. III, cap. 2) s'étendait d'après le Stagirite (*Meteorol.*, lib. I, cap. 8, 2) à la nature de la voie Lactée, qui marquait la voie abandonnée par le soleil et celle d'où avait été précipité Phaéton. Voyez Letronne, dans les *Mémoires de l'Académie des Inscriptions*, 1839, t. XII, p. 108. Aristote cite encore cette opinion de quelques Pythagoriciens, que les comètes appartiennent à la classe de planètes qui, comme Mercure, ne deviennent visibles qu'en s'élevant, après un long temps, au-dessus de l'horizon. Dans le Traité du Pseudo-Plutarque, dont malheureusement les indications sont toujours tronquées, il est dit que les comètes se lèvent à l'horizon à des époques déterminées, après leur révolution accomplie. Beaucoup de renseignements sur la nature des comètes contenus dans les écrits d'Arien, que Stobée put mettre à profit, et dans ceux de Charimander, dont le nom seul a été conservé par Sénèque et par Pappus, sont perdus pour nous (*Ecloga*, lib. I, cap. 25, p. 61, éd. Plantin). Stobée cite, comme appartenant aux Chaldéens, l'opinion que les comètes sont si rarement visibles parce que, dans leur longue excursion, elles vont se cacher dans les profondeurs de l'héter, comme les poissons dans l'Océan. L'explication la plus séduisante et en même temps la plus sérieuse, malgré ce qui s'y mêle de rhétorique, celle qui est le plus d'accord avec les opinions récentes, est l'explication qu'a donnée Sénèque : « Non enim existimo cometem subitaneum ignem, sed inter æterna opera naturæ. — Quid enim miramur cometas tam rarum mundi spectaculum, nondum teneri legibus certis? nec initia illorum finesque patescere, quorum ex ingentibus intervallis recursus est? Nondum sunt anni quingenti ex quo Græcia.

...... Stellis numeros et nomina fecit,

multæque hodie sunt gentes quæ tantum facie noverint cœlum : quæ nondum sciant, cum luna deficiat, quare obumbretur. Hoc apud nos quoque nuper ratio ad certum perduxit. Veniet tempus quo ista quæ nunc latent in lucem dies extrahat et longioris ævi diligentia. — Veniet tempus quo posteri nostri tam aperta nos nescisse mirentur. — Eleusis servat quod ostendat revisentibus. Rerum natura sacra sua non simul tradit : initiatos nos credimus : in vestibulo ejus hæremus; illa arcana non promiscue nec omnibus patent, reducta et in interiore sacrario clausa, sunt. Ex quibus aliud hæc ætas, aliud quæ post nos subibit, despiciet. Tarde magna proveniunt..... » (*Quæstiones naturales*, lib. VII, cap. 22, 25 et 31).

(17) [page 463]. L'aspect du firmament nous offre des objets qui ne coexistent point simultanément. Beaucoup sont évanouis longtemps avant que la lumière qui en émane soit parvenue jusqu'à nous; quelques-uns occupent des places différentes de celles où nous les apercevons. Voyez le *Cosmos*, t. I, p. 126-355; t. III, p. 63-231 et comp. Bacon, *Novum Organum*, Lond., 1733, p. 371, et William Herschel, dans les *Philosophical Transactions* for 1802, p. 498.

(18) [page 464]. *Cosmos*, t. I, p. 106 et 345 (note 85).

(19) [page 464]. Voyez les opinions des Grecs sur les chutes de pierres météoriques, dans le *Cosmos*, t. I, p. 107, 108, 334, 335, 338, et 346 (notes 61, 62, 69, 87, 88 et 89), t. II, p. 440 (note 27).

(20) [page 465]. Voyez dans Brandis, *Geschichte der Griechisch-rœmischen Philosophie* (1re part., p. 272-277), un passage où est réfutée l'opinion émise par Schleiermacher, dans le Recueil de l'Académie de Berlin, années 1804-1811. (Berlin, 1815), p. 79-124.

(21) [page 465]. Stobée, dans le passage cité (*Ecloga physica*, p. 508), attribue à Diogène d'Apollonie d'avoir appelé les étoiles des corps ponceux ou poreux. Cette idée peut bien avoir été fournie par la croyance si répandue dans l'antiquité que les corps célestes se nourrissaient d'évaporations humides. « Le Soleil rend les substances qu'il a pompées. » (Aristote, *Meteorologica*, éd. Ideler, t. I, p. 509; Sénèque, *Quæstiones naturales*, lib. IV, cap. 2). Les corps célestes, semblables à la pierre ponce, étaient supposés avoir aussi leurs exhalaisons propres. « Ces exhalaisons, qui ne peuvent être vues, tant qu'elles errent dans les espaces célestes, ne sont autres que des pierres qui s'enflamment et s'éteignent en tombant sur la terre. » (Plutarque, *de Placitis Philosophorum*, lib. II, cap. 13). Pline (lib. II, cap. 59) croit que les chutes de pierres météoriques sont des accidents qui se renouvellent fréquemment: « Decidere tamen crebro non erit dubium. » Il dit aussi (lib. II, cap. 43) que, lorsque le ciel est serein, la chute de ces pierres détermine une détonation. Un passage de Sénèque (*Quæst. natur.*, lib. II, cap. 17), dans lequel il est question d'Anaximène, et qui paraît exprimer une pensée analogue, n'a trait vraisemblablement qu'au grondement de la foudre dans une nuée orageuse.

(22) [page 465]. Je cite ici le remarquable passage de la Vie de Lysandre, traduit littéralement: Quelques physiciens ont émis une opinion plus vraisemblable: suivant eux, les étoiles filantes ne découlent ni ne se détachent du feu éthéré qui s'éteint dans l'air aussitôt après s'être enflammé, et ne sont pas davantage produites par l'ignition et la combustion de l'air que la condensation force à s'élever dans les régions supérieures, ce sont des corps célestes qui, lancés sur la terre par la cessation du mouvement gyratoire, ne tombent pas toujours dans les espaces habités, mais le plus souvent dans la mer, où ils restent cachés à nos regards.

(23) [page 466]. Sur les astres complètement obscurs ou qui cessent, peut-être periodiquement, d'émettre de la lumière, sur les opinions des modernes à ce sujet, en particulier, sur les opinions de Laplace et de Bessel, et sur l'observation de Bessel relative à un changement survenu dans le mouvement propre de Procyon, observation confirmée par Peters à Kœnigsberg, voyez le *Cosmos*, t. III, p. 165-167.

(24) [page 466]. Voyez le *Cosmos*, t. III, p. 28-34.

(25) [page 466]. Il y a littéralement dans le passage de Plutarque (*de Facie in orbe Lunæ*, p. 923): « La lune a pourtant un secours contre la force qui la sollicite à tomber: c'est son mouvement même et la rapidité de sa révolution, comme les objets placés dans une fronde ne peuvent tomber, grâce au mouvement gyratoire qui les entraîne. »

(26) [page 468]. *Cosmos*, t. I, p. 97.

(27) [page 468]. Coulvier-Gravier et Saigey, *Recherches sur les Étoiles filantes*, 1847, p. 69-86.

(28) [page 468]. Edouard Heis, *die periodischen, Sternschnuppen und die Resultate der Erscheinungen*, 1849, p. 7 et 26-30.

(29) [page 468]. La désignation du pôle Nord, comme point de départ d'un grand nombre d'étoiles filantes, dans la période d'août, ne repose que sur les observations de l'année 1839. Un voyageur qui a parcouru l'Orient, le Dr Asahel Grant, écrit de Mardin, en Mésopotamie, que vers minuit le ciel était comme hérissé d'étoiles filantes, qui toutes partaient de la région de l'étoile

polaire. Voyez dans Heis (*die periodischen Sternschnuppen*, etc. p. 28), un passage rédigé d'après une lettre d'Herrick à Quételet et le Journal de Grant.

(50) [page 469]. La prédominance de Persée sur le Lion, comme point de départ d'un plus grand nombre d'étoiles filantes, ne s'était point encore manifestée lors des observations faites à Brême, pendant la nuit du 13 au 14 novembre 1838. Un observateur fort exercé, Roswinkel, a vu, dans une pluie d'étoile très abondante, presque toutes les trajectoires partir du Lion et de la partie méridionale de la Grande-Ourse, tandis que dans la nuit du 12 au 13 novembre, par une pluie d'étoiles à la vérité fort peu considérable, il ne vit que quatre trajectoires partir de la constellation du Lion. Olbers remarque à ce sujet, dans les *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, n° 372, que, durant cette nuit, « les trajectoires n'étaient nullement parallèles entre elles, que rien ne semblait les rattacher à la constellation du Lion, et que ce défaut de parallélisme les faisait ressembler à des étoiles filantes isolées beaucoup plus qu'à des flux périodiques. Il est vrai que le phénomène de novembre fut loin de pouvoir être comparé en 1838 à ceux des années 1799, 1832 et 1833. »

(51) [page 470]. Saigey, *Recherches sur les étoiles filantes*, p. 151. Voyez aussi sur la détermination faite par Erman des points de convergence, diamétralement opposés aux points de départ, le même ouvrage, p. 125-129.

(52) [page 470]. Heis, *periodische Sternschnuppen*, p. 6. Comp. Aristote, *Problemata*, XXVI, 23, et Sénèque, *Quæstiones naturales*, lib. I, cap. 14: « Ventum significat stellarum discurrentium lapsus et quidem ab ea parte qua erumpit. » J'ai admis moi-même, particulièrement pendant mon séjour à Marseille, à l'époque de l'expédition d'Égypte, l'influence des vents sur la direction des étoiles filantes.

(53) [page 470]. *Cosmos*, t. I, p. 332 (note 60).

(54) [page 471]. Tout ce qui, dans le texte, est renfermé entre guillemets, est dû aux communications obligeantes de M. Jules Schmidt, adjoint à l'observatoire de Bonn. On peut voir sur ses travaux antérieurs accomplis, de 1842 à 1844, Saigey, *Recherches sur les étoiles filantes*, p. 159.

(55) [page 472]. J'ai cependant observé moi-même dans la Mer du Sud, par 13° 1/2 de latitude Nord, une pluie très-consi-

dérable d'étoiles filantes, le 13 mars 1803. L'an 687 avant l'ère chrétienne, on remarqua aussi dans le mois de mars deux flux de météores.

(56) [page 474]. Une pluie d'étoiles filantes tout à fait semblable à celle du 21 octobre 1366 (ancien style), dont Boguslawski fils a trouvé l'indication dans le *Chronicon Ecclesiæ Pragensis* de Benesse de Horovic (*Cosmos*, t. I, p. 103), a été decrite en détail, dans le célèbre ouvrage historique de Duarte Nunez do Liao (*Chronicas dos Reis de Portugal reformadas*, parte I, Lisb., 1600, fol. 187); mais elle est reportée à la nuit du 22 au 23 octobre. Faut-il admettre deux flux différents, dont l'un avait été vu en Bohême, et l'autre sur les bords du Tage, ou l'un des deux chroniqueurs s'est-il trompé d'un jour? Je cite le passage de l'historien portugais: « Vindo o anno de 1366, sendo andados XXII dias do mes de Octubro, tres meses antes do fallecimento del Rei D. Pedro (de Portugal), se fez no ceo hum movimento de estrellas, qual os homêes nao virao nem ouvirao. E foi que desda mea noite por diante correrao todalas strellas do Levante para o Ponente, e acabado de serem juntas começarao a correr humas para huma parte e outras para outra. E despois descerao do ceo tantas e tam spessas, que tanto quo forao baxas no ar, pareciao grandes fogueiras, e que o ceo e o ar ardiao, e que a mesma terra queria arder. O ceo parecia partido em muitas, partes, alli onde strellas nao stavao. E isto durou per muito spaco. Os que isto viao, houverao tam grande medo e pavor, que stavao como attonitos, e cuidavao todos de ser mortos, e que era vinda a fim do mundo. »

(57) [page 474]. On eût pu citer des points de comparaison plus récents, s'ils eussent été connus à cette époque: par exemple les flux météoriques observés par Klœden à Postdam, dans la nuit du 12 au 13 novembre 1823, par Bérard sur les côtes d'Espagne, du 12 au 13 novembre 1831, et par le comte Souchteln à Orenbourg, du 12 au 13 novembre 1832. Voyez le *Cosmos*, t. I. p. 100, et Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, n° 303, p. 242. Le grand phénomène que Bonpland et moi nous observâmes du 11 au 12 novembre 1799 (*Voyage aux Régions équinoxiales*, liv. IV, chap. 10, t. IV, p. 34-53, éd. in 8°) dura depuis 2 heures jusqu'à 4 heures du matin. Pendant tout le voyage que nous fîmes à travers la région boisée de l'Orénoque jusqu'au Rio Négro, nous trouvâmes que cet immense flux mé-

téorique avait été remarqué par les missionnaires, et noté par plusieurs d'entre eux sur leur rituel. Dans le Labrador et dans le Groënland, les Esquimaux en avaient été frappés d'étonnement jusqu'à Lichtenau et New-Herrnhut, par 64° 14′ de latitude. A Itterstedt, près de Weimar, le pasteur Zeising vit ce que l'on voyait en même temps en Amérique, sous l'équateur et près du cercle polaire boréal. Le retour périodique du phénomène de la Saint-Laurent attira l'attention beaucoup plus tard que le phénomène de novembre. J'ai recueilli avec soin les indications relatives aux pluies considérables d'étoiles filantes qui, à ma connaissance, ont été exactement observées dans la nuit du 12 au 13 novembre, jusqu'à 1846. On en peut compter 13, qui se sont produites en 1799, 1818, 1822, 1823, dans les années comprises entre 1831 et 1839, en 1841 et 1846. J'exclus de ce calcul toutes les chutes de météores qui s'écartent de la date fixée de plus d'un jour ou deux, notamment celle du 10 novembre 1787 et du 8 novembre 1813. Ce retour périodique presque à jour fixe est d'autant plus étonnant que des corps d'aussi peu de masse sont exposés à un grand nombre de perturbations, et que la longueur de l'anneau dans lequel on suppose les météores enfermés peut embrasser plusieurs jours de la révolution de la terre autour du soleil. C'est en 1799, 1831, 1833 et 1834 que les flux météoriques de novembre ont été le plus éclatants. Ce peut être ici le lieu de faire remarquer qu'il y a eu erreur dans la description que j'ai donnée des météores de 1799, et qu'au lieu d'égaler le diamètre des plus grands bolides à 1° ou 1° 1/4, il eût fallu dire que ce diamètre était égal à 1 ou 1 1/4 du diamètre de la Lune. Je n'achèverai pas cette note sans faire mention du globe enflammé que le directeur de l'observatoire de Toulouse, M. Petit, a observé avec une attention toute spéciale, et dont il a calculé la révolution autour de la Terre. Voyez les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 9 août 1817, et Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, n° 701, p. 71.

(38) [page 477]. Forster, *Mémoires sur les étoiles filantes*, p. 31.

(39) [page 478]. *Cosmos*, t. I, p. 101 et 343 (note 73).

(40) [page 478]. Kæmtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, t. III, p. 277.

(41) [page 479]. La chute des aérolithes qui tombèrent à Crema et sur les bords de l'Adda, a été décrite avec une vivacité sin-

gulière, mais malheureusement d'une manière obscure et non sans quelque mélange de déclamation, par le célèbre Martyr Anghiera (*Opus Epistolarum*, Amst. 1670, n° CCCCLXV, p. 245 et 246). La chute des pierres fut précédée d'un obscurcissement qui voila presque complètement le Soleil, le 4 septembre 1511, à midi: « Fama est Pavonem immensum in aërea Cremensi plaga fuisse visum. Pavo visus in pyramidem converti, adeoque celeri ab Occidente in Orientem raptari cursu, ut in horæ momento magnam hemisphærii partem doctorum inspectantium sententia pervolasse credatur. Ex nubium illico densitate tenebras ferunt surrexisse, quales viventium nullus unquam se cognovisse fateatur. Per eam noctis faciem, cum formidolosis fulguribus, inaudita tonitrua regionem circumsepserunt. » Les éclairs étaient si intenses que, tout autour de Bergame, les habitants purent voir la plaine entière de Crema au milieu même de l'obscurité qui la couvrait. L'écrivain ajoute: « Ex horrendo illo fragore quid irata natura in eam regionem pepererit percunctaberis. Saxa demisit in Cremensi planitie (ubi nullus unquam æquans ovum lapis visus fuit) immensæ magnitudinis, ponderis egregii. Decem fuisse reperta centilibralia saxa ferunt. » Il est dit encore que des oiseaux, des moutons, des poissons perdirent la vie. Parmi ces exagérations, il faut bien reconnaître que le nuage météorique d'où tombèrent les pierres devait être d'une noirceur et d'une densité inaccoutumées. Ce qu'Anghiera appelle Pavo était sans doute un bolide alongé et pourvu d'une large queue. A la manière dont l'auteur retrace le bruit effroyable qui retentit dans le nuage météorique, il semble qu'il ait voulu décrire des coups de tonnerre accompagnant les éclairs. Anghiera se procura en Espagne un fragment de ces aérolithes gros comme le poing, et le montra au roi Ferdinand le Catholique, en présence du célèbre capitaine Gonzalve de Cordoue. La lettre dans laquelle il raconte ce fait, adressée de Burgos à Fagiardus, se termine par ces mots: « Mira super hisce prodigiis conscripta fanatice, physice, theologice ad nos missa sunt ex Italia. Quid portendant quomodoque gignantur, tibi utraque servo, si aliquando ad nos veneris. » Cardan, entrant dans des détails plus précis (*Opera*, Lugd. 1663, t. III, lib. XV, cap. 72, p. 279), affirme qu'il est tombé 1200 aérolithes, parmi lesquels il y en avait un, noir comme le fer et très-dense, qui pesait 120 livres. Selon Cardan, le bruit se prolongea pendant deux heures: « Ut mirum sit tantam molem in aere sustineri potuisse. » Il regarde le bolide à

queue comme une comète, et se trompe d'une année dans l'indication de la date, qu'il fixe à l'année 1510. A l'époque où ce phénomène se produisit, Cardan était âgé de neuf à dix ans.

(42) [page 479]. Récemment les aérolithes qui tombèrent à Braunau, le 14 juillet 1847, étaient si chauds encore, six heures après leur chute, que l'on ne pouvait les toucher sans se brûler. — J'ai déjà signalé dans l'*Asie centrale* (t. I, p. 408) l'analogie que présente avec une chute d'aérolithes le mythe de *l'or sacré* répandu chez les races scythiques. Je joins ici le passage d'Hérodote, dans lequel est racontée cette légende (liv. V, chap. 5 et 7): « Targitaus eut trois fils dont l'aîné s'appelâit Leipoxais, le second Arpoxais, et le plus jeune Colaxais. Sous leur règne, il tomba du ciel dans la Scythie, des instruments d'or: une charrue, un joug, une hache et une coupe. L'aîné, qui les aperçut le premier, s'étant approché pour les prendre, l'or s'enflamma aussitôt. Arpoxais vint à son tour, et il en fut de même; les deux frères repoussèrent donc cet or: mais quand le troisième fils, Colaxais, se présenta, l'or s'éteignit et il put le transporter dans sa maison. Ses frères comprenant le sens de ce prodige, lui abandonnèrent tous leurs droits à la royauté. »

Peut-être aussi le mythe de l'or sacré n'est-il qu'un mythe ethnographique, une allusion aux trois fils du roi qui auraient fondé chacun une des tribus dont se composaient les populations scythiques, et à la prédominance qu'obtint la tribu fondée par le plus jeune, celle des Paralates. Voyez Brandstæter, *Scythica, de aurea Caterva*, 1837, p. 69 et 81.

(43) [page 481]. Parmi les métaux dont on a découvert la présence dans les pierres météoriques, Howard a reconnu le nickel, Stromayer le cobalt, Laugier le cuivre et le chrome, Berzélius l'étain.

(44) [page 482]. Rammelsberg, dans les *Annalen* de Poggendorff, t. LXXIV, 1849, p. 442.

(45) [page 484]. Rammelsberg, Poggendorff's *Annalen*, t. LXXIII, 1848, p. 585; Shepard, dans l'*American Journal of Sciences et Arts* de Silliman, 2e série, t. II, 1846, p. 377.

(46) [page 484]. Voyez le *Cosmos*, t. I, p. 105.

(47) [page 485]. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, t. I, p. 232. Tout ce qui, dans le texte, de la page 475

à la page 476, est placé entre guillemets, est emprunté à des manuscrits du professeur Rammelsberg, portant la date du mois de mai 1851.

(48) [page 489]. Voyez Képler, *Astronomica nova seu Physica cœlestis, tradita commentariis de motibus stellæ Martis, ex observationibus Tychonis Brahi elaborata*, 1609, cap. XL et LIX.

(49) [page 490]. Laplace, *Exposition du Système du Monde*, p. 509 et 591.

ADDITIONS ET CORRECTIONS



Page 30, ligne 25.

Depuis que j'ai dit, dans le *Cosmos*, que rien jusqu'ici n'avait démontré l'influence des positions diverses du Soleil sur le magnétisme terrestre, les excellents travaux de Faraday ont constaté cette influence. De longues séries d'observations magnétiques dans les deux hémisphères, à Toronto dans le Canada, et à Hobart-Town dans la Terre de Van-Diemen, prouvent que le magnétisme terrestre est soumis à une variation annuelle, dépendant de la situation relative du Soleil et de la Terre.

Page 48, ligne 33.

Le singulier phénomène de la fluctuation des étoiles a été observé tout récemment, à Trèves, par des témoins très-dignes de foi. Le 20 janvier 1851, entre 7 et 8 heures du soir, Sirius, qui était alors placé très-près de l'horizon, parut agité d'un mouvement oscillatoire. Voyez la Lettre du professeur Flesch dans le Recueil de Jahn *Unterhaltungen für Freunde der Astronomie.*

Pages 106, ligne 16, et 258 (note 16).

Le vœu que j'émettais, de voir rechercher l'époque à laquelle disparut la couleur rouge de Sirius, vient d'être rempli, grâce à l'activité d'un jeune savant, M. Wöpcke, qui à un grand savoir en mathématiques joint une connaissance approfondie des langues orientales. M. Wöpcke, traducteur et commentateur de l'Algèbre d'Omar Alkhayyami, m'a écrit de Paris, dans le mois d'août 1851 : « L'es-

pérance que vous exprimez, dans la partie astronomique du *Cosmos,* m'a donné l'idée d'examiner les quatre manuscrits de l'Uranographie de Abdurrahman al Ssufi que possède la Bibliothèque royale. J'y ai trouvé que α du Bouvier, α du Taureau, α du Scorpion et α d'Orion étaient désignés collectivement comme rouges, et que rien de semblable n'était dit de Sirius. Bien plus, le passage qui a trait à cette étoile, et qui est le même dans les quatre manuscrits, est conçu en ces termes: La première des étoiles dont est formé le Grand Chien est la brillante étoile de la Gueule, qui est marquée sur l'Astrolabe et porte le nom de Al-je-maanijah. » Ne résulte-t-il pas de cet examen et du passage d'Alfragani que j'ai cité moi-même, que le changement de couleur de Sirius tombe vraisemblablement entre l'époque de Ptolémée et celle des astronomes arabes?

Page 424.

[Depuis que cette partie du *Cosmos* a été publiée en Allemagne, l'activité scientifique, tant de fois signalée par M. de Humboldt (voy. surtout p. 396), ne s'est point ralentie. Aux quatorze petites planètes dont il a donné le tableau, M. de Humboldt avait déjà pu, en terminant, en ajouter une quinzième, Eunomie, découverte par M. de Gasparis, le 19 juillet 1851. Depuis, sept nouvelles planètes ont été découvertes: Psyché par M. de Gasparis, le 17 mars 1852; Thétis par M. Luther, le 17 avril; Melpomène et Fortuna par M. Hind, le 24 juin et le 22 août; Massalia par M. de Gasparis, le 19 septembre, et par M. Chacornac, le 20 du même mois; Lutetia par M. Goldsmidt, le 15 novembre; enfin une planète signalée par M. Hind, le 16 novembre, et qui n'a point encore reçu de nom.

Nous donnons ici, d'après les *Astronomische Nachrichten,* et en suivant l'ordre adopté dans le tableau de la page 424, les éléments approchés des six nouvelles planètes qui n'ont pu y être comprises; on n'a point encore calculé les éléments de Lutetia, non plus que ceux de la dernière planète découverte par M. Hind.]

Éléments des 6 petites planètes récemment découvertes.

	MELPOMÈNE	MASSALIA	FORTUNA	THÉTIS	EUNOMIE	PSYCHÉ
E	1852 juillet 0	1852 septembre 20.5	1852 août 28.5	1852 août 17.0	1851 août 31,0	1852 mars 31,0
L	299° 16	275° 56′	331° 45′	205° 46′	288° 7′	151° 52′
π	16 8	107 5	45 56	259 48	26 41	6 20
Ω	149 52	204 48	208 26	124 28	295 56	150 35
i	10 12	0 46	1 40	5 38	11 42″	5 2
μ	1020″ 92	911″ 54	892″ 95	884″ 07	820″ 29	701″ 50
a	2,2944	2,4748	2.5089	2.5255	2,6548	2.9466
e	0.21490	0,1910	0.16757	0,13557	0,19252	0.13567
U	1269j	1422j	1452j	1466j	1580j	1805j

E désigne l'époque de la longitude moyenne au temps moyen de Berlin; *L* la longitude moyenne de l'orbite; π la longitude du périhélie; Ω la longitude du nœud ascendant; *i* l'inclinaison sur l'écliptique; μ le mouvement diurne moyen; *a* le demi-grand axe; *e* l'excentricité; *U* la révolution sidérale exprimée en jours. Les longitudes sont rapportées à l'équinoxe de l'époque indiquée en tête de chaque colonne.

Page 437, ligne 22.

D'après une communication, datée du 8 novembre 1851, que je dois à l'amitié de Sir John Herschel, M. Lassell a observé distinctement, les 24, 28, 30 octobre et 2 novembre de cette même année, deux satellites d'Uranus, situés plus près encore de la planète principale que le premier satellite de William Herschel, auquel cet astronome attribuait une révolution d'environ 5 jours et 21 heures, mais qui n'a pas été revu depuis. Les révolutions des deux satellites que vient de reconnaître Lassell sont évaluées approximativement à 4 jours et à 2 jours 1/2.

FIN


£20
4 Vol

